



Departamento de Enxeñaría de Computadores

Facultade de Informática

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

TRABALLO FIN DE GRAO

GRAO EN ENXEÑARÍA INFORMÁTICA

MENCIÓN EN ENXEÑARÍA DE COMPUTADORES

# **Sistema de Control de Clima e Mantemento para Invernadoiros**

**Estudante:** Luís Rodríguez Soutullo

**Dirección:** Tiago Manuel Fernández Caramés

A Coruña, febreiro de 2020.



*Dedicado a todas aquelas persoas que merezan esta dedicatoria.*





### **Agradecementos**

En primeiro lugar gustaríame agradecerlle á miña familia o esforzo que fixeron para que eu poidera estudar esta carreira.

Tamén quero agradecerlle á miña parella o apoio que me dou durante a carreira para que non me rendise a pesar das dificultades.

A Diego Silva Hermida por plantexarme este proxecto e botarme unha man cando o necesitéi.

A Tiago Fernández Caramés por aceptar ser o meu tutor e darme os mellores consellos para que este TFG saia adiante.

A todos os meus amigos e compañeiros que me axudaron e acompañaron nesta carreira.



## **Resumo**

Este traballo trata sobre un sistema de control climático para invernadoiros. Este sistema encárgase de recoller valores de sensores (temperatura, humidade...) e controlar en base a eles uns determinados actuadores (ventilacións, malla de sombreado...). A maiores tamén amosa en tempo real estes parámetros nunha interface e crea un rexistro con eles para que un enxeñeiro agrícola os analice. A motivación deste traballo foi a proposta do propietario dun viveiro que se puxo en contacto comigo para plantexarme o problema. Esta persoa necesitaba un sistema adaptado ás súas necesidades dado que rexeitou mercar un produto de características similares pero sobre o cal non tiña control para modificar o seu comportamento máis que simples configuracións básicas. A técnica empregada neste proxecto é a interconexión mediante protocolo inalámbrico dun SBC (Single-Board Computer, onde se executa a aplicación) con distintos microcontroladores instalados nos invernadoiros que se encargan de executar as ordes enviadas polo SBC. O obxectivo fundamental deste proxecto é quitarlle responsabilidades ó traballador do invernadoiro para que se centre no resto de coidados da planta e gracias a isto mellorar a produtividade.

## **Abstract**

This work is about a climate control system for greenhouses. This system is responsible for collecting sensor values (temperature, humidity ...) and controlling based on them certain actuators (vents, shading mesh ...). In addition, the system also displays these parameters in real time on an interface and creates a record with them for an agricultural engineer to analyze. The motivation behind this work was the proposal of the owner of a nursery who contacted me to raise the issue. This person needed a system tailored to his needs as he refused to buy a product of similar characteristics but over which he had no control to change its behavior but just basic configurations. The technique used in this project is the interconnection through a wireless protocol of an SBC (Single-Board Computer, where the application is running) with different microcontrollers installed in the greenhouses that are in charge to execute the orders sent by the SBC. The main objective of this project is to take away the responsibilities of the greenhouse worker to focus on the rest of the plant's care, and thus improve productivity.

---

**Palabras chave:**

- Estación Meteorológica
- Invernadero
- Ventilación
- Malla de sombreado
- Recirculación
- Sensor de temperatura
- Sensor de humedad
- Sensor de luminosidad
- Anemómetro

**Keywords:**

- Weather Station
- Greenhouse
- Ventilation
- Shading Mesh
- Recirculation
- Temperature sensor
- Humidity Sensor
- Luminosity sensor
- Anemometer



# Índice Xeral

---

<b>1</b>	<b>Introdución</b>	<b>1</b>
1.1	Introdución á problemática . . . . .	1
1.2	Obxetivos . . . . .	1
1.3	Estrutura da memoria . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Análise e deseño</b>	<b>3</b>
2.1	Especificación de requisitos . . . . .	3
2.2	Análise de casos de uso . . . . .	8
2.3	Arquitectura de comunicacións . . . . .	24
<b>3</b>	<b>Implementación</b>	<b>29</b>
3.1	Hardware do sistema . . . . .	29
3.2	Software do sistema . . . . .	36
3.2.1	Software embebido ou firmware . . . . .	36
3.2.2	Software de control . . . . .	42
<b>4</b>	<b>Implantación e probas</b>	<b>51</b>
4.1	Implantación . . . . .	51
4.2	Probas . . . . .	52
<b>5</b>	<b>Incidencias, conclusións e traballo futuro</b>	<b>61</b>
5.1	Incidencias . . . . .	61
5.2	Conclusións . . . . .	62
5.3	Traballo futuro . . . . .	63
<b>A</b>	<b>Manual de usuario</b>	<b>69</b>
<b>B</b>	<b>Planificación temporal e custos</b>	<b>75</b>

<b>Relación de Acrónimos</b>	<b>79</b>
<b>Glosario</b>	<b>81</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>83</b>

# Índice de Figuras

---

2.1	Caso de uso CU-001. . . . .	9
2.2	Caso de uso CU-002. . . . .	11
2.3	Caso de uso CU-003. . . . .	13
2.4	Caso de uso CU-004. . . . .	15
2.5	Caso de uso CU-005. . . . .	17
2.6	Caso de uso CU-006. . . . .	19
2.7	Caso de uso CU-007. . . . .	21
2.8	Caso de uso CU-008. . . . .	23
2.9	Arquitectura de comunicacións. . . . .	25
2.10	Sensores e actuadores. . . . .	27
3.1	Estación meteorolóxica. . . . .	31
3.2	Conexións da estación meteorolóxica. . . . .	31
3.3	Sensores de temperatura e humidade. . . . .	32
3.4	Sensor de luminosidade. . . . .	32
3.5	Placa de relés dun invernadoiro. . . . .	33
3.6	Pantalla do sistema de control. . . . .	33
3.7	Captura da datasheet do sensor de temperatura JUMO 902520. . . . .	34
3.8	Captura da datasheet do sensor de humidade OOSAKA CP 84-T. . . . .	34
3.9	Captura da datasheet do sensor de luminosidade LESA FF-LESA13B2. . . . .	34
3.10	Captura da datasheet do anemómetro VANTAGE PRO2 6410. . . . .	35
3.11	Diagrama de clases do firmware do controlador de estación meteorolóxica. . . . .	36
3.12	Diagrama de clases do firmware do controlador de invernadoiro. . . . .	37
3.13	Diagrama de secuencia de petición de sensores á estación meteorolóxica. . . . .	38
3.14	Diagrama de secuencia de petición de actuadores a un invernadoiro. . . . .	39
3.15	Diagrama de secuencia de petición de cambio a modo manual. . . . .	40
3.16	Diagrama de clases - Modelo Vista Controlador. . . . .	44



3.17	Diagrama de clases - Xestión de sensores. . . . .	44
3.18	Diagrama de clases - Xestión de actuadores. . . . .	45
3.19	Diagrama de clases - Xestión de historial. . . . .	46
3.20	Diagrama de clases - Xestión de consignas. . . . .	46
3.21	Diagrama de clases - Dispositivo de control. . . . .	47
3.22	Diagrama de secuencia - Abrir ventilación. . . . .	48
3.23	Diagrama de secuencia - Gardar historial. . . . .	49
4.1	Interfaz gráfica - Anemómetro. . . . .	56
4.2	Interfaz gráfica - Sensores dun invernadoiro. . . . .	57
4.3	Interfaz gráfica - Consigna de velocidade do vento. . . . .	57
4.4	Interfaz gráfica - Consignas dun invernadoiro. . . . .	58
4.5	Interfaz gráfica - Historial dun invernadoiro. . . . .	58
4.6	Interfaz gráfica - Historial da velocidade do vento. . . . .	59
4.7	Interfaz gráfica - Modo manual/automático. . . . .	59
A.1	Lapela de estación meteorolóxica. . . . .	69
A.2	Lapela de invernadoiros. . . . .	70
A.3	Lapela de consignas. . . . .	71
A.4	Lapela de historial. . . . .	72
A.5	Lapela de historial - Escoller data. . . . .	73
A.6	Lapela de historial - Exportar. . . . .	73
B.1	Recursos e o seu custo por hora en euros. . . . .	75
B.2	Desglose de tarefas e os seus custos en euros. . . . .	76
B.3	Diagrama de Gantt. . . . .	77

# Índice de Táboas

---

2.1	Requisito R-001. . . . .	3
2.2	Requisito R-002. . . . .	3
2.3	Requisito R-003. . . . .	3
2.4	Requisito R-004. . . . .	4
2.5	Requisito R-005. . . . .	4
2.6	Requisito R-006. . . . .	4
2.7	Requisito R-007. . . . .	4
2.8	Requisito R-008. . . . .	4
2.9	Requisito R-009. . . . .	4
2.10	Requisito R-010. . . . .	5
2.11	Requisito R-011. . . . .	5
2.12	Requisito R-012. . . . .	5
2.13	Requisito R-013. . . . .	5
2.14	Requisito R-014. . . . .	5
2.15	Requisito R-015. . . . .	5
2.16	Requisito R-016. . . . .	6
2.17	Requisito R-017. . . . .	6
2.18	Requisito R-018. . . . .	6
2.19	Requisito R-019. . . . .	6
2.20	Requisito R-020. . . . .	6
2.21	Requisito R-021. . . . .	6
2.22	Requisito R-022. . . . .	7
2.23	Requisito R-023. . . . .	7
2.24	Requisito R-024. . . . .	7
2.25	Requisito R-025. . . . .	7
2.26	Requisito R-026. . . . .	7
2.27	Caso de uso CU-001. . . . .	10

2.28	Caso de uso CU-002. . . . .	12
2.29	Caso de uso CU-003. . . . .	14
2.30	Caso de uso CU-004. . . . .	16
2.31	Caso de uso CU-005. . . . .	18
2.32	Caso de uso CU-006. . . . .	20
2.33	Caso de uso CU-007. . . . .	22
2.34	Caso de uso CU-008. . . . .	24

# Introdución

---

## 1.1 Introdución á problemática

O cultivo de sementes require un coidado continuo e unhas condicións climáticas especiais dependendo da especie que se desexe cultivar. Por unha parte o coidado so é posible cunha dedicación continua por parte do persoal encargado e por outra parte as condicións climáticas requeridas implican a necesidade de empregar estruturas de contención como son os invernadoiros. Estes invernadoiros son estruturas metálicas cubertas por un material plástico que retén os raios de sol e proporcionan unha temperatura mais axeitada que favorece o crecemento e desenvolvemento das plantas. Os invernadoiros soen contar con ventilacións para controlar o fluxo de aire e evitar excesos de temperatura, mallas de sombreado para controlar a luminosidade do interior e sistemas de recirculación de aire para controlar a humidade. Todos estes sistemas, sexan manuais ou eléctricos, requiren a acción do persoal encargado para a súa activación e desactivación. A automatización destes sistemas é o tema que imos a tratar ó longo deste documento.

## 1.2 Obxetivos

Os obxetivos deste proxecto son principalmente dous. O primeiro obxectivo é conseguir que o invernadoiro se controle de forma autónoma, isto é, que controle cando debe subir ou baixar as ventilacións, cando debe estender ou recoller a malla de sombreado, acender ou apagar a recirculación de aire, etc. O segundo obxectivo é que rexistre os valores dos sensores tales como temperatura, humidade, luminosidade, etc. para que un enxeñeiro agrónomo poda analizar ditos valores e regular os parámetros do sistema empregando os seus coñecementos na materia.

### 1.3 Estrutura da memoria

Esta memoria consta dunha introdución [1] (capítulo actual), un segundo capítulo dedicado á fase de análise e deseño, un terceiro capítulo dedicado ó desenvolvemento do sistema, un cuarto dedicado ás probas realizadas e un capítulo final onde se expoñen as conclusións deste traballo:

- Análise e deseño [2]: Neste capítulo trátanse os requisitos solicitados polo cliente, veranse os casos de uso extraídos dos requisitos e explicarase a arquitectura de comunicacións escollida para implementar o sistema.
- Implementación [3]: Neste capítulo falarase do hardware usado para implementar o sistema e do software empregado tanto o firmware empregado nos microcontroladores como o software de control empregado no SBC [B].
- Implantación e probas [4]: Neste capítulo comentarase a implantación do sistema e as probas realizadas.
- Incidencias, conclusións e traballo futuro [5]: Neste capítulo falarase das incidencias atopadas ó longo da implementación e probas do sistema, das conclusións extraídas á finalización e de posibles melloras que se poderían incluír nun futuro.

A memoria tamén consta de dous apéndices:

- Manual do usuario [A]: Este apéndice consta dun manual de uso que lle sirva de axuda ó persoal que vaia empregar este sistema.
- Planificación temporal e custos [B]: Este apéndice consta dunhas táboas de recursos e tarefas e dun diagrama de Gantt no que se pode ver a planificación temporal.

## Análise e deseño

---

### 2.1 Especificación de requisitos

O cliente do negocio conta con dous invernadoiros que están dotados de sistemas eléctricos de control manual (motores para abrir e pechar a ventilación, motores para estender e recoller a malla de sombreado e sistemas de recirculación) que quere automatizar mediante este sistema de control climático. Despois de varias reunións co cliente para que me explicara as súas necesidades puiden extraer os requisitos do sistema especificados a continuación.

<b>R-001</b>	Consulta de temperatura.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá permitir consultar a temperatura dun invernadoiro.
<b>Comentarios</b>	A temperatura deberá amosarse en °C.

Táboa 2.1: Requisito R-001.

<b>R-002</b>	Consulta de humidade.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá permitir consultar a humidade dun invernadoiro.
<b>Comentarios</b>	A humidade deberá amosarse en %.

Táboa 2.2: Requisito R-002.

<b>R-003</b>	Consulta de luminosidade.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá permitir consultar a luminosidade dun invernadoiro.
<b>Comentarios</b>	A humidade deberá amosarse en LUX.

Táboa 2.3: Requisito R-003.

<b>R-004</b>	Consigna máxima de temperatura.
<b>Descripción</b>	O sistema deberá permitir establecer unha consigna máxima de temperatura.
<b>Comentarios</b>	A consigna deberá estar comprendida entre -10 e 50 °C e ser superior á consigna mínima.

Táboa 2.4: Requisito R-004.

<b>R-005</b>	Consigna mínima de temperatura.
<b>Descripción</b>	O sistema deberá permitir establecer unha consigna mínima de temperatura.
<b>Comentarios</b>	A consigna deberá estar comprendida entre -10 e 50 °C e ser inferior á consigna máxima.

Táboa 2.5: Requisito R-005.

<b>R-006</b>	Consigna máxima de humidade.
<b>Descripción</b>	O sistema deberá permitir establecer unha consigna máxima de humidade.
<b>Comentarios</b>	A consigna deberá estar comprendida entre 0 e 100 % e ser superior á consigna mínima.

Táboa 2.6: Requisito R-006.

<b>R-007</b>	Consigna mínima de humidade.
<b>Descripción</b>	O sistema deberá permitir establecer unha consigna mínima de humidade.
<b>Comentarios</b>	A consigna deberá estar comprendida entre 0 e 100 % e ser inferior á consigna máxima.

Táboa 2.7: Requisito R-007.

<b>R-008</b>	Consigna máxima de luminosidade.
<b>Descripción</b>	O sistema deberá permitir establecer unha consigna máxima de luminosidade.
<b>Comentarios</b>	A consigna deberá estar comprendida entre 0 e 10000 LUX e ser superior á consigna mínima.

Táboa 2.8: Requisito R-008.

<b>R-009</b>	Consigna mínima de luminosidade.
<b>Descripción</b>	O sistema deberá permitir establecer unha consigna mínima de luminosidade.
<b>Comentarios</b>	A consigna deberá estar comprendida entre 0 e 10000 LUX e ser inferior á consigna máxima.

Táboa 2.9: Requisito R-009.

<b>R-010</b>	Apertura da ventilación.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá abrir a ventilación se a temperatura supera a consigna máxima.
<b>Comentarios</b>	O grao de apertura da ventilación estará fixado polo sistema.

Táboa 2.10: Requisito R-010.

<b>R-011</b>	Peché da ventilación.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá pechar a ventilación se a temperatura cae por debaixo da consigna mínima.
<b>Comentarios</b>	O grao de peche da ventilación estará fixado polo sistema.

Táboa 2.11: Requisito R-011.

<b>R-012</b>	Extendido da malla de sombreado.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá estender a malla de sombreado se a luminosidade supera a consigna máxima.
<b>Comentarios</b>	O grao de extensión da malla de sombreado estará fixado polo sistema.

Táboa 2.12: Requisito R-012.

<b>R-013</b>	Recollido da malla de sombreado.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá recoller a malla de sombreado se a luminosidade cae por debaixo da consigna mínima.
<b>Comentarios</b>	O grao de recollido da malla de sombreado estará fixado polo sistema.

Táboa 2.13: Requisito R-013.

<b>R-014</b>	Activación da recirculación.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá activar a recirculación e mantela activada durante un período de tempo se a humidade supera a consigna máixma.
<b>Comentarios</b>	O período de tempo da activación da recirculación estará fixado polo sistema.

Táboa 2.14: Requisito R-014.

<b>R-015</b>	Desactivación da recirculación.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá desactivar a recirculación e mantela desactivada durante un período de tempo se a humidade cae por debaixo da consigna mínima.
<b>Comentarios</b>	O período de tempo da desactivación da recirculación estará fixado polo sistema.

Táboa 2.15: Requisito R-015.



<b>R-016</b>	Consulta de velocidade do vento.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá permitir consultar a velocidade do vento actual.
<b>Comentarios</b>	A velocidade do vento deberá amosarse en km/h.

Táboa 2.16: Requisito R-016.

<b>R-017</b>	Consigna máxima de velocidade do vento.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá permitir establecer unha consigna máxima de velocidade do vento.
<b>Comentarios</b>	A consigna deberá estar comprendida entre 0 e 100 km/h e ser superior á consigna mínima.

Táboa 2.17: Requisito R-017.

<b>R-018</b>	Consigna mínima de velocidade do vento.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá permitir establecer unha consigna mínima de velocidade do vento.
<b>Comentarios</b>	A consigna deberá estar comprendida entre 0 e 100 km/h e ser inferior á consigna máxima.

Táboa 2.18: Requisito R-018.

<b>R-019</b>	Bloqueo da ventilación.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá pechar e bloquear a ventilación se a velocidade do vento supera a consigna máxima.
<b>Comentarios</b>	O bloqueo da ventilación implica que o sistema deixa de interactuar con ela.

Táboa 2.19: Requisito R-019.

<b>R-020</b>	Desbloqueo da ventilación.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá desbloquear a ventilación se o vento cae por debaixo da consigna mínima.
<b>Comentarios</b>	O desbloqueo da ventilación implica que o sistema interactuará con ela cando corresponda.

Táboa 2.20: Requisito R-020.

<b>R-021</b>	Historial de temperatura.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá permitir consultar o historial de lecturas de temperatura por día.
<b>Comentarios</b>	O número de rexistros de temperatura por día estará fixado polo sistema.

Táboa 2.21: Requisito R-021.

<b>R-022</b>	Historial de humidade.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá permitir consultar o historial de lecturas de humidade por día.
<b>Comentarios</b>	O número de rexistros de humidade por día estará fixado polo sistema.

Táboa 2.22: Requisito R-022.

<b>R-023</b>	Historial de luminosidade.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá permitir consultar o historial de lecturas de luminosidade por día.
<b>Comentarios</b>	O número de rexistros de luminosidade por día estará fixado polo sistema.

Táboa 2.23: Requisito R-023.

<b>R-024</b>	Historial de velocidade do vento.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá permitir consultar o historial de lecturas de velocidade do vento por día.
<b>Comentarios</b>	O número de rexistros de velocidade do vento por día estará fixado polo sistema.

Táboa 2.24: Requisito R-024.

<b>R-025</b>	Modo manual.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá permitir pasar a un modo manual.
<b>Comentarios</b>	Este modo implica que o sistema deixa de interactuar con todos os mecanismos do invernadoiro e permite a súa activación mediante interruptores de corrente.

Táboa 2.25: Requisito R-025.

<b>R-026</b>	Modo automático.
<b>Descrición</b>	O sistema deberá permitir pasar a un modo automático.
<b>Comentarios</b>	Este modo implica que o sistema interactuará con todos os mecanismos do invernadoiro cando corresponda e impedirá a súa activación mediante interruptores de corrente.

Táboa 2.26: Requisito R-026.

## 2.2 Análise de casos de uso

A partires dos requisitos da sección anterior extraíse os seguintes casos de uso:

- Caso de uso que permite ó usuario ver os valores actuais dos sensores tanto dos invernadoiros como da estación meteorolóxica. Para mais detalles do caso de uso ver esquema [2.1] xunto ca táboa [2.27].
- Caso de uso que permite ó usuario establecer as consignas máxima e mínima para os parámetros de temperatura, humidade, luminosidade e velocidade do vento. Para mais detalles do caso de uso ver esquema [2.2] xunto ca táboa [2.28].
- Caso de uso que permite ó sistema actuar sobre a ventilación a temperatura supere a consigna máxima ou caia por debaixo da consigna mínima. Para mais detalles do caso de uso ver esquema [2.3] xunto ca táboa [2.29].
- Caso de uso que permite ó sistema actuar sobre a malla de sombreado cando a luminosidade supere a consigna máxima ou caia por debaixo da consigna mínima. Para mais detalles do caso de uso ver esquema [2.4] xunto ca táboa [2.30].
- Caso de uso que permite ó sistema actuar sobre a recirculación cando a humidade supere a consigna máxima ou caia por debaixo da consigna mínima. Para mais detalles do caso de uso ver esquema [2.5] xunto ca táboa [2.31].
- Caso de uso que permite ó sistema bloquear a ventilación cando a velocidade do vento supere a consigna máxima ou desbloqueala cando caia por debaixo da consigna mínima. Para mais detalles do caso de uso ver esquema [2.6] xunto ca táboa [2.32].
- Caso de uso que permite ó usuario consultar o historial das lecturas dos sensores tanto dos invernadoiros como da estación meteorolóxica. Para mais detalles do caso de uso ver esquema [2.7] xunto ca táboa [2.33].
- Caso de uso que permite ó usuario cambiar o modo de funcionamento do sistema de automático a manual e viceversa. Para mais detalles do caso de uso ver esquema [2.8] xunto ca táboa [2.34].

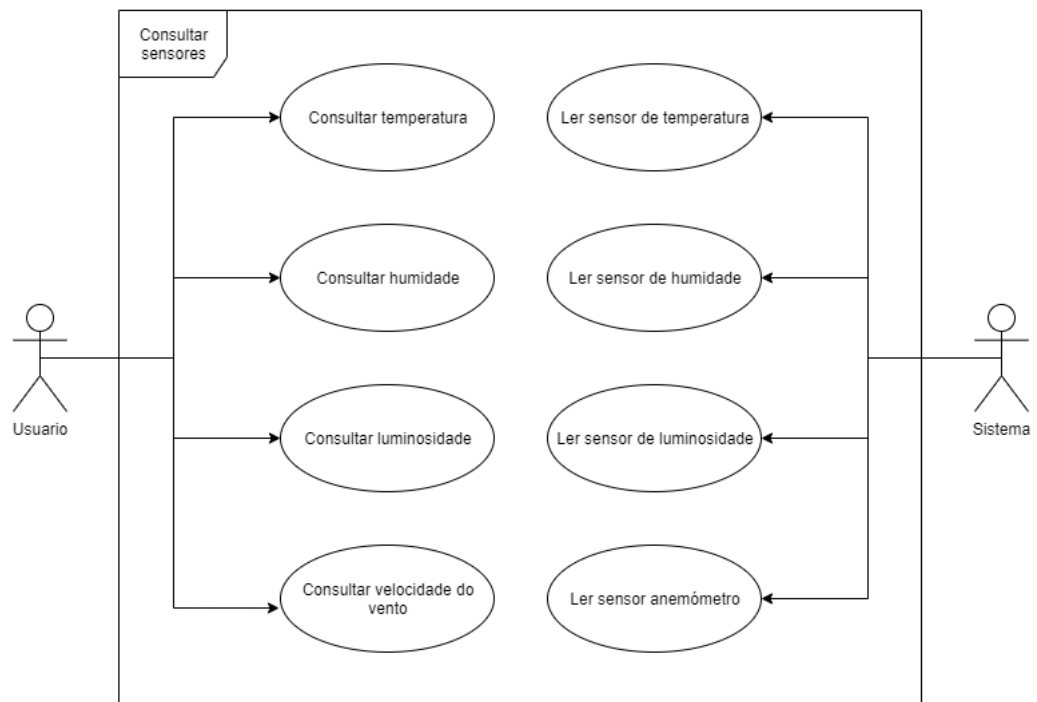


Figura 2.1: Caso de uso CU-001.

<b>CU-001</b>	Consultar sensores
<b>Descrición</b>	O sistema deberá comportarse como se describe no seguinte caso de uso cando o usuario do sistema de control climático queira consultar os valores en tempo real dos distintos sensores.
<b>Precondición</b>	Non.
<b>Secuencia normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O usuario accede á pantalla de invernadoiro ou de estación meteorolóxica.</li> <li>2. O sistema le e actualiza en pantalla os valores lidos dos sensores.</li> <li>3. O usuario visualiza os valores actuais dos sensores.</li> </ol>
<b>Excepcións</b>	Non.
<b>Poscondición</b>	Non.
<b>Notas</b>	A lectura dos sensores realízase en segundo plano independentemente de que o usuario acceda ou non á pantalla de consulta.

Táboa 2.27: Caso de uso CU-001.

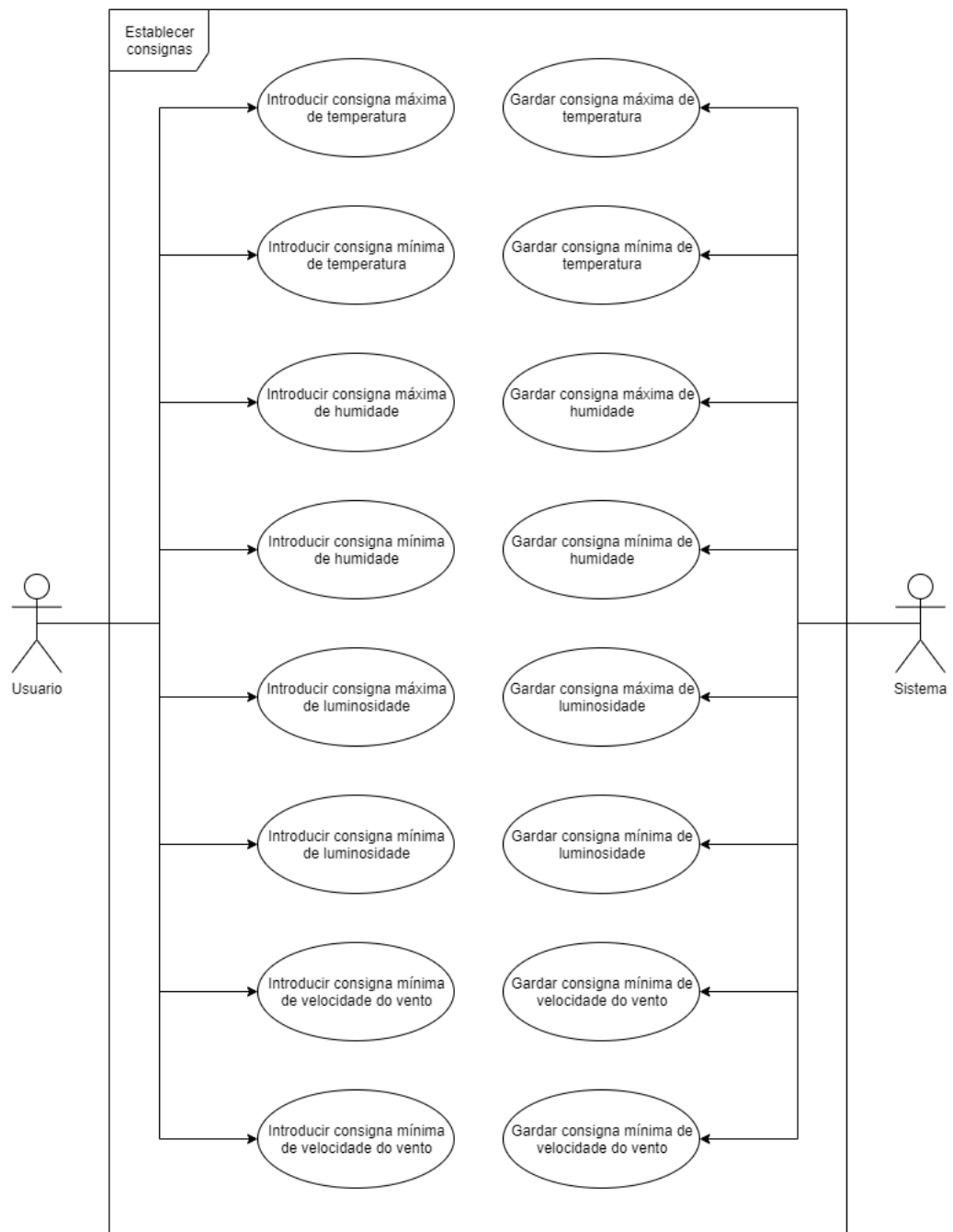


Figura 2.2: Caso de uso CU-002.

<b>CU-002</b>	Establecer consignas
<b>Descrición</b>	O sistema deberá comportarse como se describe no seguinte caso de uso cando o usuario do sistema de control climático quera establecer os valores das consignas.
<b>Precondición</b>	Non.
<b>Secuencia normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O usuario accede á pantalla de consignas.</li> <li>2. O usuario selecciona unha consigna.</li> <li>3. O usuario introduce un valor para esa consigna e acepta.</li> <li>4. O sistema informa de que a consigna foi aceptada.</li> </ol>
<b>Excepcións</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A consigna non cumpre os requisitos de valor mínimo ou máximo permitido. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema amosa unha mensaxe indicando que o valor non é válido.</li> <li>(b) CANCELASE o caso de uso.</li> </ol> </li> </ol>
<b>Poscondición</b>	O valor da consina queda gardado e o sistema pode usalo cando corresponda.
<b>Notas</b>	O sistema non permite ó usuario introducir caracteres non numéricos incluído o separador decimal.

Táboa 2.28: Caso de uso CU-002.

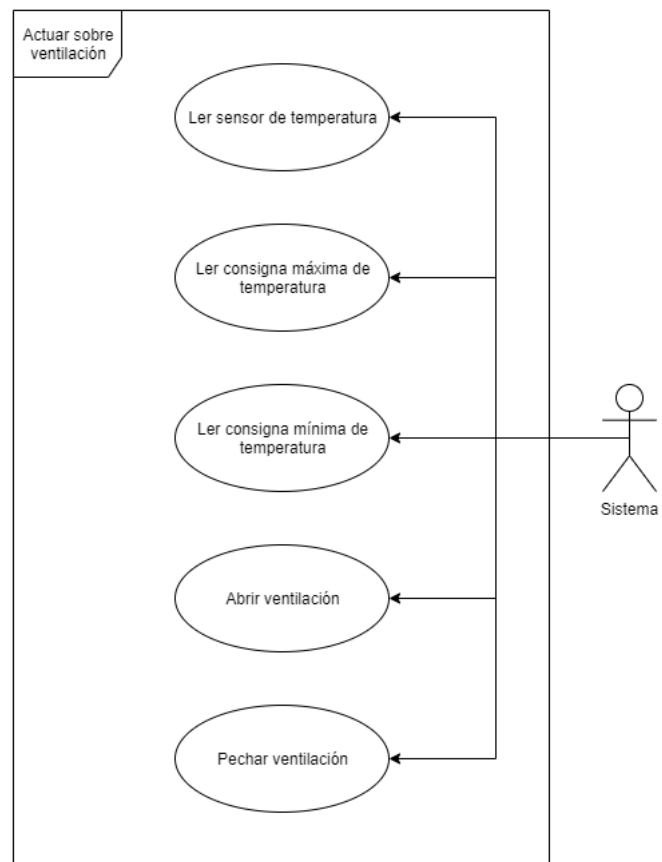


Figura 2.3: Caso de uso CU-003.



<b>CU-003</b>	Actuar sobre ventilación
<b>Descripción</b>	O sistema deberá comportarse como se describe no seguinte caso de uso cando a temperatura supere o valor da consigna máxima ou caia por debaixo do valor da consigna mínima.
<b>Precondición</b>	Deben estar establecidas as consignas máxima e mínima de temperatura.
<b>Secuencia normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O sistema le o valor do sensor de temperatura.</li> <li>2. O sistema le o valor da consigna máxima de temperatura.</li> <li>3. O sistema le o valor da consigna mínima de temperatura.</li> <li>4. A temperatura supera o valor da consigna máxima. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema abre a ventilación ata o valor preestablecido.</li> </ol> </li> <li>5. A temperatura está por debaixo do valor da consigna mínima. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema pecha a ventilación ata o valor preestablecido.</li> </ol> </li> </ol>
<b>Excepcións</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A temperatura está entre o valor da consigna mínima e o valor da consigna máxima. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema non actúa sobre a ventilación.</li> </ol> </li> <li>2. A ventilación está bloqueada. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema non actúa sobre a ventilación.</li> </ol> </li> </ol>
<b>Poscondición</b>	Non.
<b>Notas</b>	Non.

Táboa 2.29: Caso de uso CU-003.

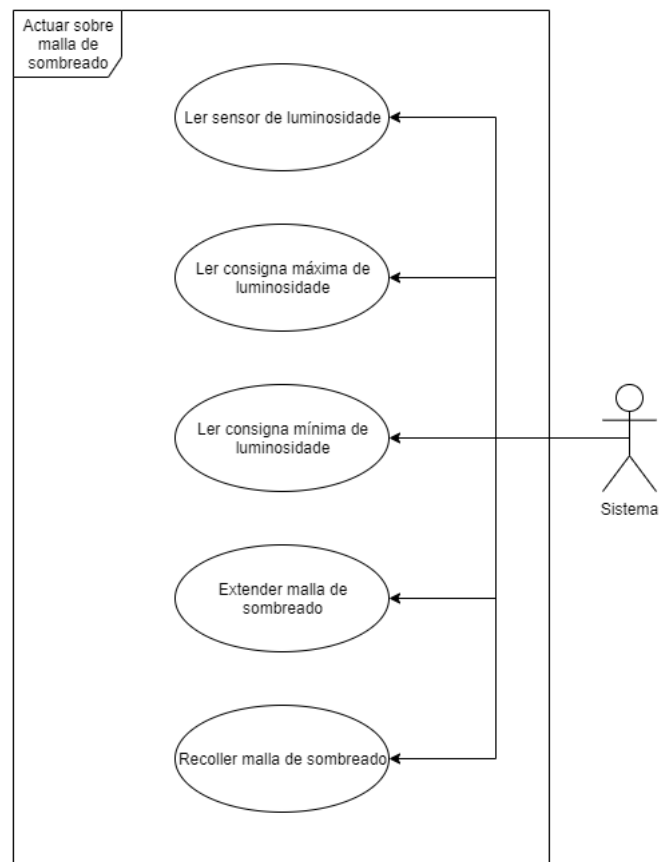


Figura 2.4: Caso de uso CU-004.

<b>CU-004</b>	Actuar sobre malla de sombreado
<b>Descrición</b>	O sistema deberá comportarse como se describe no seguinte caso de uso cando a luminosidade supere o valor da consigna máxima ou caia por debaixo do valor da consigna mínima.
<b>Precondición</b>	Deben estar establecidas as consignas máxima e mínima de luminosidade.
<b>Secuencia normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O sistema le o valor do sensor de luminosidade.</li> <li>2. O sistema le o valor da consigna máxima de luminosidade.</li> <li>3. O sistema le o valor da consigna mínima de luminosidade.</li> <li>4. A luminosidade supera o valor da consigna máxima. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema estende a malla de sombreado ata o valor preestablecido.</li> </ol> </li> <li>5. A luminosidade está por debaixo do valor da consigna mínima. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema recolle a malla de sombreado ata o valor preestablecido.</li> </ol> </li> </ol>
<b>Excepcións</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A luminosidade está entre o valor da consigna mínima e o valor da consigna máxima. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema non actúa sobre a malla de sombreado.</li> </ol> </li> </ol>
<b>Poscondición</b>	Non.
<b>Notas</b>	Non.

Táboa 2.30: Caso de uso CU-004.

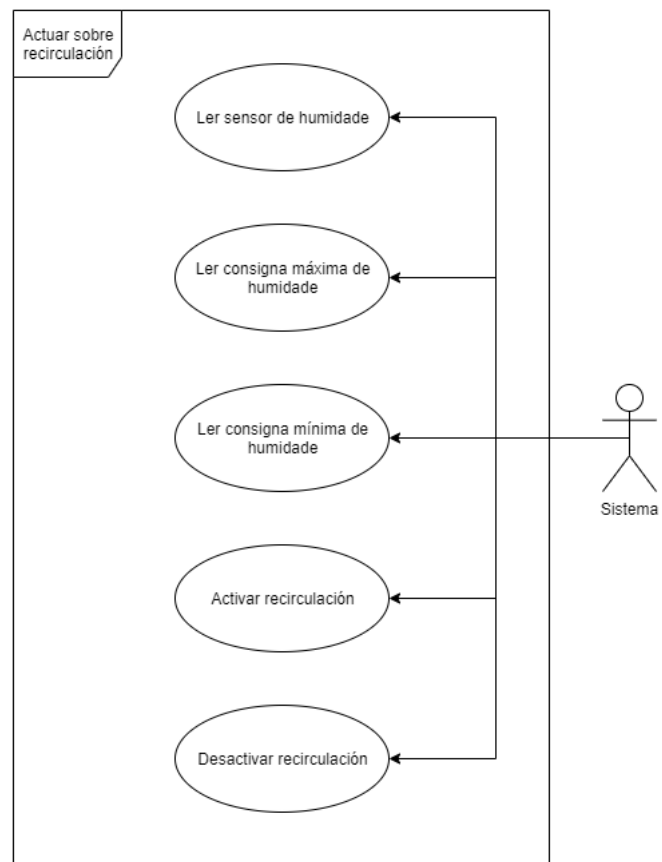


Figura 2.5: Caso de uso CU-005.

<b>CU-005</b>	Actuar sobre recirculación
<b>Descrición</b>	O sistema deberá comportarse como se describe no seguinte caso de uso cando a humidade supere o valor da consigna máxima ou caia por debaixo do valor da consigna mínima.
<b>Precondición</b>	Deben estar establecidas as consignas máxima e mínima de humidade.
<b>Secuencia normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O sistema le o valor do sensor de humidade.</li> <li>2. O sistema le o valor da consigna máxima de humidade.</li> <li>3. O sistema le o valor da consigna mínima de humidade.</li> <li>4. A humidade supera o valor da consigna máxima. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema activa a recirculación e mantena activada o tempo preestablecido.</li> </ol> </li> <li>5. A humidade está por debaixo do valor da consigna mínima. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema desactiva a recirculación e mantena desactivada o tempo preestablecido.</li> </ol> </li> </ol>
<b>Excepcións</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A humidade está entre o valor da consigna mínima e o valor da consigna máxima. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema non actúa sobre a recirculación.</li> </ol> </li> </ol>
<b>Poscondición</b>	Non.
<b>Notas</b>	Non.

Táboa 2.31: Caso de uso CU-005.

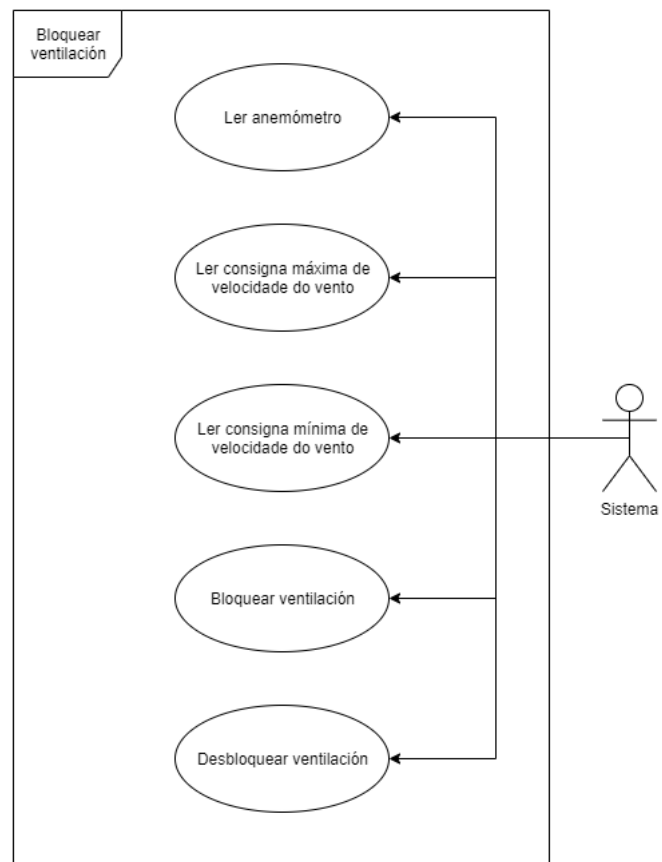


Figura 2.6: Caso de uso CU-006.

<b>CU-006</b>	Bloquear ventilación
<b>Descrición</b>	O sistema deberá comportarse como se describe no seguinte caso de uso cando a velocidade do vento supere o valor da consigna máxima ou caia por debaixo do valor da consigna mínima.
<b>Precondición</b>	Deben estar establecidas as consignas máxima e mínima de velocidade do vento.
<b>Secuencia normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O sistema le o valor do anemómetro.</li> <li>2. O sistema le o valor da consigna máxima de velocidade do vento.</li> <li>3. O sistema le o valor da consigna mínima de velocidade do vento.</li> <li>4. A velocidade do vento supera o valor da consigna máxima. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema pecha completamente e bloquea a ventilación.</li> </ol> </li> <li>5. A velocidade do vento está por debaixo do valor da consigna mínima. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema desbloquea a ventilación.</li> </ol> </li> </ol>
<b>Excepcións</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A velocidade do vento está entre o valor da consigna mínima e o valor da consigna máxima. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema non fai cambios no estado de bloqueo da ventilación.</li> </ol> </li> </ol>
<b>Poscondición</b>	Non.
<b>Notas</b>	Non.

Táboa 2.32: Caso de uso CU-006.

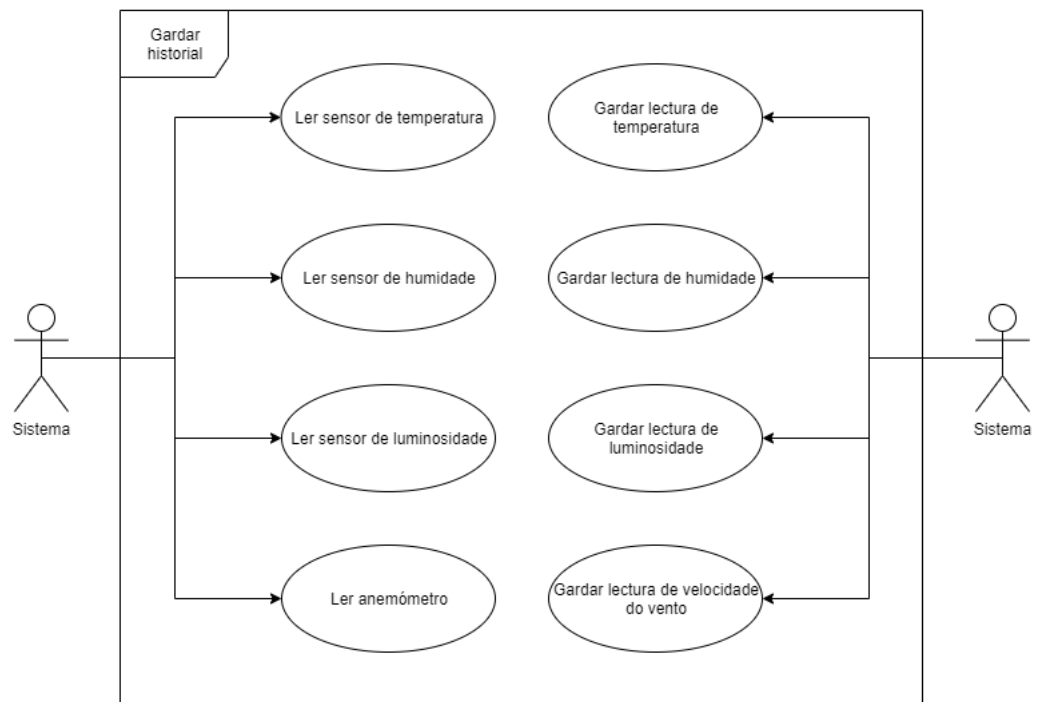


Figura 2.7: Caso de uso CU-007.



<b>CU-007</b>	Gardar historial
<b>Descrición</b>	O sistema deberá comportarse como se describe no seguinte caso de uso cando se supere o intervalo de tempo de gardado de historial.
<b>Precondición</b>	Non.
<b>Secuencia normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O sistema le o valor do sensor de temperatura.</li> <li>2. O sistema le o valor da sensor de humidade.</li> <li>3. O sistema le o valor do sensor de luminosidade.</li> <li>4. O sistema le o valor do anemómetro.</li> <li>5. O sistema crea un rexistro cos valores lidos.</li> </ol>
<b>Excepcións</b>	Non.
<b>Poscondición</b>	Non.
<b>Notas</b>	Con cada rexistro gárdase tamén a data e a hora.

Táboa 2.33: Caso de uso CU-007.

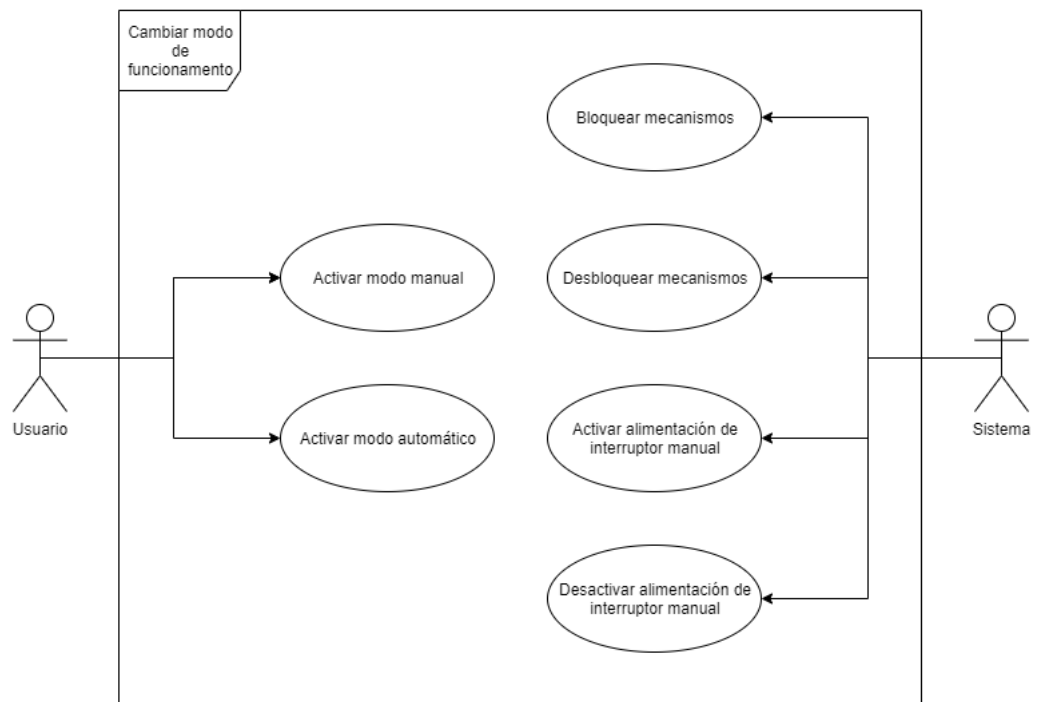


Figura 2.8: Caso de uso CU-008.

<b>CU-008</b>	Cambiar modo de funcionamento
<b>Descrición</b>	O sistema deberá comportarse como se describe no seguinte caso de uso cando o usuario do sistema de control climático quera cambiar o modo de funcionamento.
<b>Precondición</b>	O sistema non debe atoparse xa no modo que o usuario selecciona.
<b>Secuencia normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O usuario selecciona modo manual. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema detén calquera interacción cos actuadores do invernadoiro.</li> <li>(b) O sistema activa os interruptores de corrente de control manual.</li> </ol> </li> <li>2. O usuario selecciona modo automático. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) O sistema desactiva os interruptores de corrente de control manual.</li> </ol> </li> </ol>
<b>Excepcións</b>	Non.
<b>Poscondición</b>	Non.
<b>Notas</b>	Non.

Táboa 2.34: Caso de uso CU-008.

## 2.3 Arquitectura de comunicacións

Na arquitectura de comunicacións do sistema poden distinguirse tres tipos de compoñentes (ver figura 2.9):

- Controladores primarios:
  - Controlador EM: É o que vai situado na estación meteorolóxica, a el está conectado o anemómetro e é o encargado de enviar o dato de velocidade do vento ó controlador principal.
  - Controladores INV1 e INV2: Son os que van situados nos invernadoiros, a eles están conectados os sensores de temperatura, humidade e luminosidade e tamén os actuadores de ventilación, malla de sombreado e recirculación. Estes controladores son os encargados de enviar os datos de temperatura, humidade e luminosidade.

sidade ó controlador principal e tamén recibe e executa as ordes de abrir e pechar a ventilación, extender e recoller a malla de sombreado, activar e desactivar a recirculación e cambiar a modo manual ou automático.

- Comunicadores:
  - Comunicador EM: É o encargado de recibir as ordes do controlador principal e transmitirllas ó controlador EM e tamén transmite os datos recollidos polo controlador EM ó controlador principal.
  - Comunicadores INV1 e INV2: Son os encargados de recibir as ordes do controlador principal e transmitirllas ó controlador INV1 e INV2 respectivamente. Tamén transmite os datos recollidos polos controladores INV1 e INV2 ó controlador principal.
  - Comunicador principal: É o encargado de transmitir as ordes do controlador principal ó resto de controladores e tamén recibir destes os datos recollidos para comunicarllos ó controlador principal.
- Controlador principal: É o encargado de xestionar todo o control climático, enviar ordes ós controladores primarios e recibir información deles. Xestiona as consignas e tamén o historial de lecturas. Nel execútase a aplicación na cal o usuario mediante unha interfaz gráfica configura o sistema e consulta os datos do clima.

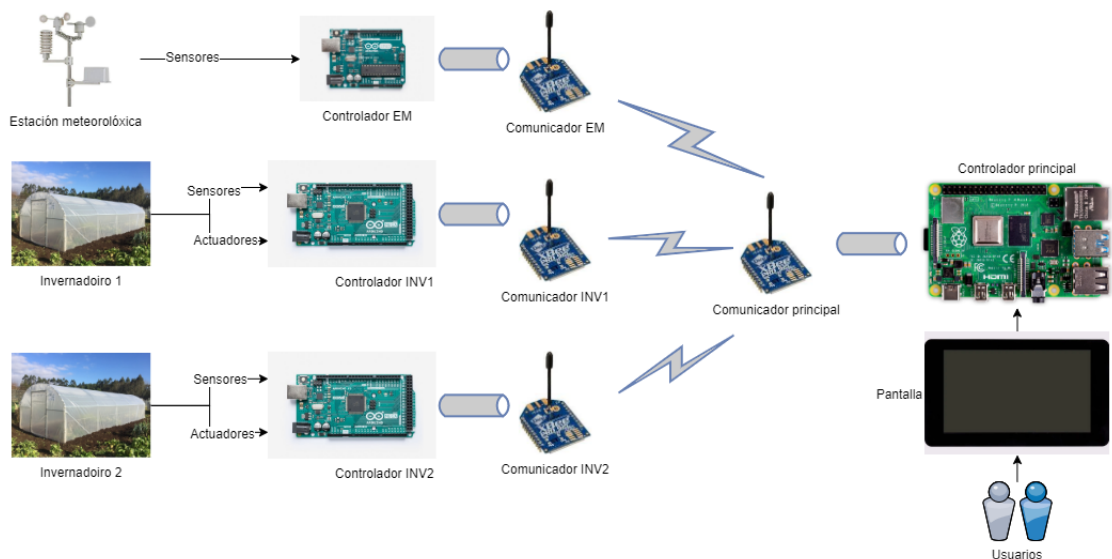


Figura 2.9: Arquitectura de comunicacións.

Nas conexións dos controladores primarios poden diferenciarse tres tipos de compoñentes (ver figura 2.10):

- Sensores:
  - Anemómetro: É o encargado de ler a velocidade do vento e comunicarlle ó controlador primario.
  - Sensor de temperatura: É o encargado de ler a temperatura ambiente do invernadoiro e comunicarlle ó controlador primario.
  - Sensor de humidade: É o encargado de ler a humidade ambiente do invernadoiro e comunicarlle ó controlador primario.
  - Sensor de luminosidade: É o encargado de ler a luminosidade ambiente do invernadoiro e comunicarlle ó controlador primario.
- Actuadores:
  - Ventilación: Fai referencia ós distintos mecanismos que se encargan de levantar comportas que permiten a entrada de aire ó interior do invernadoiro. Cada invernadoiro conta con 3 ventilacións, unha situada no lado esquerdo, outra no lado dereito e outra cenital.
  - Malla de sombreado: Fai referencia ó mecanismo que se encarga de extender unha malla situada na parte superior dos invernadoiros e facilita ou dificulta a entrada de luz nos mesmos.
  - Recirculación: Fai referencia a varios ventiladores cos que contan os invernadoiros e que se encargan de reducir a humidade do interior mediante o movemento do aire.
- Interruptores: Son os encargados de accionar os actuadores de forma manual. Poden estar activos (modo manual) ou desactivarse mediante un relé (modo automático) para impedir que entren en conflito as actuacións do control climático.

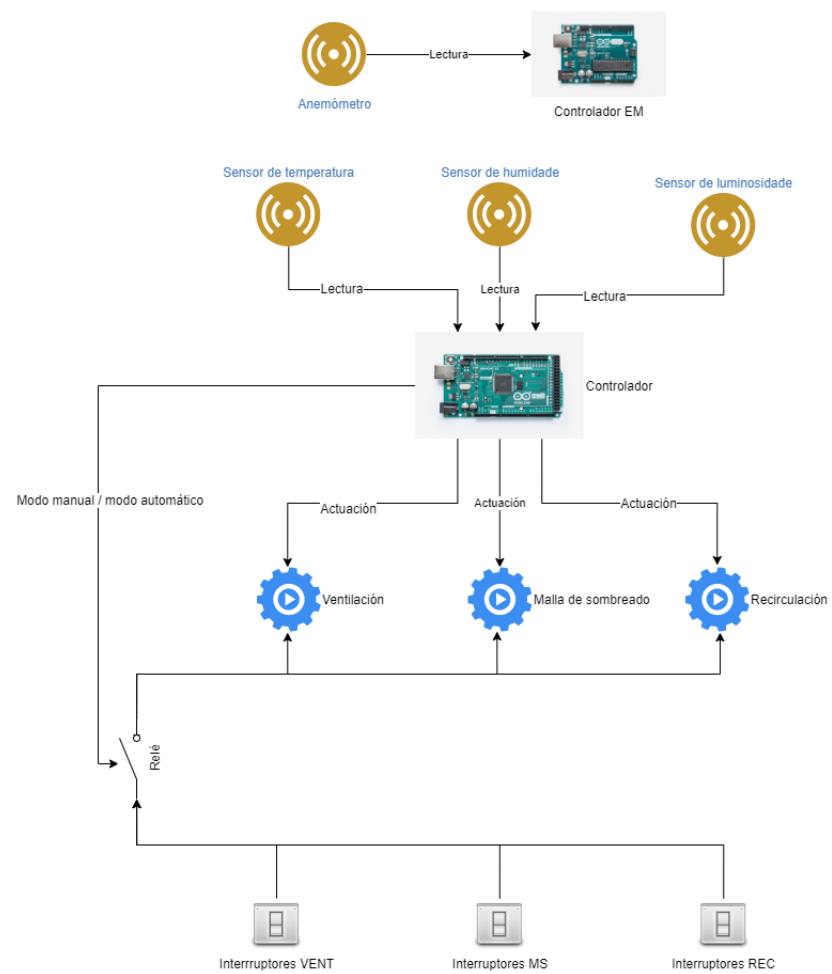


Figura 2.10: Sensores e actuadores.



# Implementación

---

### 3.1 Hardware do sistema

Nesta sección explícase todo o hardware específico que se empregou no desenvolvemento deste proxecto. Podemos diferenciar catro tipos de compoñentes:

- Hardware de control principal
  - RaspberryPi 3: Neste compoñente é onde está instalada a aplicación de control climático. Conta cunha pantalla táctil (ver figura 3.6) ca que interactúa o usuario. Ten conexión por serie cun XBee [B] para poder comunicarse co resto de dispositivos. Ten instalado o sistema operativo Raspbian no que se fan as correspondentes configuracións para facer que o sistema funcione en modo “kiosko” para que, de cara ó usuario, o sistema só amose a pantalla completa a aplicación de control climático. Conta con dous portos USB para que o usuario conecte un dispositivo de almacenamento para realizar a exportación do historial ou conecte un rato se prefire manexar a aplicación co el. Tamén conta con un SAI para provocar un apagado correcto en caso de fallo no suministro eléctrico.
- Hardware de control primario
  - Arduino Uno: Este compoñente conta cun firmware encargado de ler os sensores da estación meteorolóxica. Ten conexión por serie con un XBee para comunicarse co controlador principal. Está instalado ó pé da estación meteorolóxica, como se pode observar na figura 3.2.
  - Arduino Mega 2560: Deste compoñente empréganse dúas unidades, unha para invernadoiro 1 e outra para o invernadoiro 2. Ten instalado un firmware encargado de ler os sensores do invernadoiro e de activar ou desactivar os distintos actuadores do mesmo. A el están conectados os sensores de temperatura, humidade e



luminosidade. Tamén ten conectados varios relés (ver figura 3.5) para interactuar cos mecanismos do invernadoiro. Un relé por cada motor da ventilación para activar e desactivar a apertura, outro relé por cada motor da ventilación para activar ou desactivar o peche, un relé para estender a malla de sombreado, outro para recollela, un relé para activar e desactivar a recirculación e por último un relé para activar ou desactivar os interruptores de control manual.

- Hardware de comunicacións

- Xbee: Deste compoñente empréganse catro unidades, unha para o controlador da estación meteorolóxica (como se pode observar na figura 3.2), outro para o invernadoiro 1, outro para o invernadoiro 2 e por último outro para o controlador principal. É o dispositivo encargado de comunicar os controladores primarios co controlador principal. Tanto os controladores primarios como o controlador principal len e escriben no porto serie para comunicarse con el empregando o protocolo Zig-Bee [B]. Unha vez o XBee recibe os datos por serie, envíaos inalámbricamente ó destinatarios correspondente, neste caso o controlador principal. Para configurar estes dispositivos emprégase un software denominado XCTU, do cal consultei o seu manual [1] para establecer todos os parámetros necesarios como direccións de rede, protocolo de comunicación, etc.

- Hardware de sensorización

- Sensor de temperatura (ver figura 3.3): Deste compoñente empréganse dúas unidades, unha para o invernadoiro 1 e outra para o invernadoiro 2. É o dispositivo encargado de ler o parámetro de temperatura. Vai conectado ó controlador primario do invernadoiro mediante un pin analóxico. Para ver detalles técnicos da súa ficha técnica [2], ver figura 3.7..
- Sensor de humidade (ver figura 3.3): Deste compoñente empréganse dúas unidades, unha para o invernadoiro 1 e outra para o invernadoiro 2. É o dispositivo encargado de ler o parámetro de humidade. Vai conectado ó controlador primario do invernadoiro mediante un pin analóxico. Para ver detalles da súa ficha técnica [3], ver figura 3.8.
- Sensor de luminosidade (ver figura 3.4): Deste compoñente empréganse dúas unidades, una para o invernadoiro 1 e outra para o invernadoiro 2. É o dispositivo encargado de ler o parámetro de luminosidade. Vai conectado ó controlador primario do invernadoiro mediante un pin analóxico. Para ver detalles da súa ficha técnica [4], ver figura 3.9.

- Anemómetro (ver figura 3.2): É o dispositivo ó que se conecta o controlador da estación meteorolóxica mediante un pin dixital e emprégase para medir a velocidade do vento. Para ver detalles da súa ficha técnica [5], ver figura 3.10.



Figura 3.1: Estación meteorolóxica.



Figura 3.2: Conexións da estación meteorolóxica.



Figura 3.3: Sensores de temperatura e humidade.



Figura 3.4: Sensor de luminosidade.



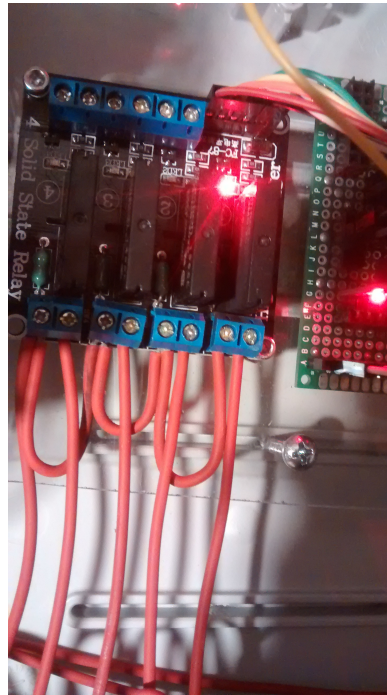


Figura 3.5: Placa de relés dun invernadoiro.

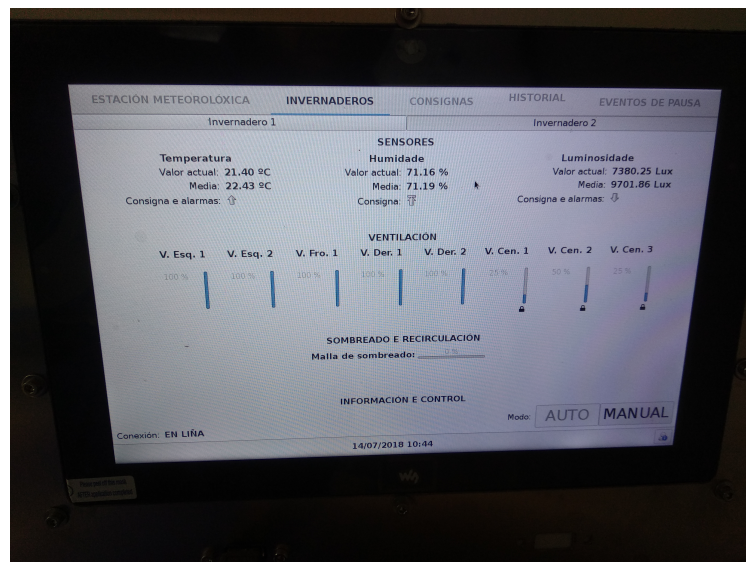


Figura 3.6: Pantalla do sistema de control.

## Indoor, Outdoor, and Channel RTD Temperature Probes

- For temperatures from -50 to +200 °C
- For use in air-conditioning technology
- Protection type IP20 to IP65
- Connection available in two-wire, three-wire, or four-wire circuit
- Available with analog transmitter

Indoor, outdoor, and channel RTD temperature probes for air-conditioning technology are mainly used for temperature measurement in rooms, in air channels, and outdoors. Various device versions made of plastic with different protection types are available for the respective measuring task.

The measuring insert is fitted as standard with a Pt100 temperature sensor according to DIN EN 60751, class B in a two-wire circuit; versions with Pt500, Pt1000, Ni1000, and various NTCs are also available. From the connection terminals, wiring in a three-wire and four-wire circuit is also possible.

A transmitter can be integrated as an option.



Figura 3.7: Captura da datasheet do sensor de temperatura JUMO 902520.

### 5.1 – CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Carcasa: inox.  
Alimentación: 10...25 VDC  
Consumo: 20 mA Max  
Señal de salida: 4...20 mA  
Clase de protección contra descargas eléctricas: clase III

### 5.2 – CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Instalación: en pared.  
Grado de protección carcasa: IP 67  
Temperatura ambiente de funcionamiento: -20 ... 70 °C  
Humedad ambiente de funcionamiento: 0 ... 100 RH%  
Temperatura de transporte y almacenaje: -25 ... 85 °C

### 5.3 – CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

Rango de medida: 0 ... 100 %RH  
Precisión total: +/- 3 % %RH (entre 25 y 95 %RH)  
Certificaciones: CE

Figura 3.8: Captura da datasheet do sensor de humidade OOSAKA CP 84-T.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES		
Etanchéité	Capteur 2 fils	IP 67
Tension d'alimentation	Courant proportionnel à l'éclairement	non polarisé
Température d'utilisation	Eclairement Pleine Echelle	10 Vdc à 30 Vdc
Eclairement Pleine Echelle	Raccordement par câble	-30° C à +60° C
Choix de sensibilité par rotation du capot		50, 125, 500, 1500, 5000 Lux 1000, 2500, 10000, 30000, 100000 Lux 2 m (2 x 0,4 mm <sup>2</sup> )

Figura 3.9: Captura da datasheet do sensor de luminosidade LESA FF-LESA13B2.

### General

Operating Temperature	-40° to +149°F (-40° to +65°C)
Sensor Type	
Wind Speed	Solid state magnetic sensor
Wind Direction	Wind vane and potentiometer
Attached Cable Length	40' (12 m)
Cable Type	4-conductor, 26 AWG
Connector	Modular connector (RJ-11)
Maximum Cable Length	240' (73 m)
<b>Note:</b> Maximum displayable wind speed decreases as cable increases. At 140' (42 m) of cable, maximum displayable wind speed is 135 mph (60 m/s); at 240' (73 m), maximum wind speed displayed is 100 mph (45 m/s).	
Material	
Wind Vane and Control Head	UV-resistant ABS
Wind Cups	Polycarbonate
Anemometer Arm	Black-anodized aluminum
Dimensions (length x width x height)	15.0" x 1.5" x 18.0" (381 mm x 38 mm x 457 mm)
Weight	1 lbs. 4 oz. (1.332 kg)

### Sensor Output

#### Wind Direction

Display Resolution	16 points (22.5°) on compass rose, 1° in numeric display
Accuracy	±3°

#### Wind Speed

Resolution and Units	Measured in 1 mph. Other units are converted from mph and rounded to nearest 1 km/h, 0.1 m/s, or 1 knot
Range	1 to 200 mph, 1 to 173 knots, 0.5 to 89 m/s, 1 to 322 km/h
Accuracy	±2 mph (2 kts, 3 km/h, 1 m/s) or ±5%, whichever is greater
Maximum Cable Length	240' (73 m). Maximum wind speed reading decreases as length of cable from Anemometer to ISS increases. At 140' (42 m), maximum speed is 135 mph (60 m/s). At 240', the maximum is 100 mph.

### Input/Output Connections

Black	Wind speed contact closure to ground
Red	Ground
Green	Wind direction pot wiper (20KΩ potentiometer)
Yellow	Pot supply voltage
Wind Speed Translation Formula	1600 rev/hr = 1 mph $V = P(2.25/T)$ ( $V$ = speed in mph, $P$ = no. of pulses per sample period $T$ = sample period in seconds)
Wind Direction Translation	Variable resistance 0 - 20KΩ; 10KΩ = south, 180°

Figura 3.10: Captura da datasheet do anemómetro VANTAGE PRO2 6410.

## 3.2 Software do sistema

### 3.2.1 Software embebido ou firmware

#### Introdución

No proxecto hai implementados dous firmware distintos escritos na linguaxe de programación C++: un que se encarga de manexar a estación meteorolóxica e outro que se encarga de manexar cada un dos invernadoiros.

- Firmware do controlador de estación meteorolóxica: Está aloxado no controlador conectado á estación meteorolóxica e encárgase de ler o anemómetro e mandarlle o parámetro de velocidade do vento ó controlador principal.
- Firmware do controlador de invernadoiro: Está aloxado nos controladores conectados ós invernadoiros e encárgase de ler os sensores dos mesmos e de manexar os seus actuadores.

#### Diagramas de clases

A continuación poden verse os diagramas de clases tanto do firmware do controlador de estación meteorolóxica como do controlador de invernadoiro.

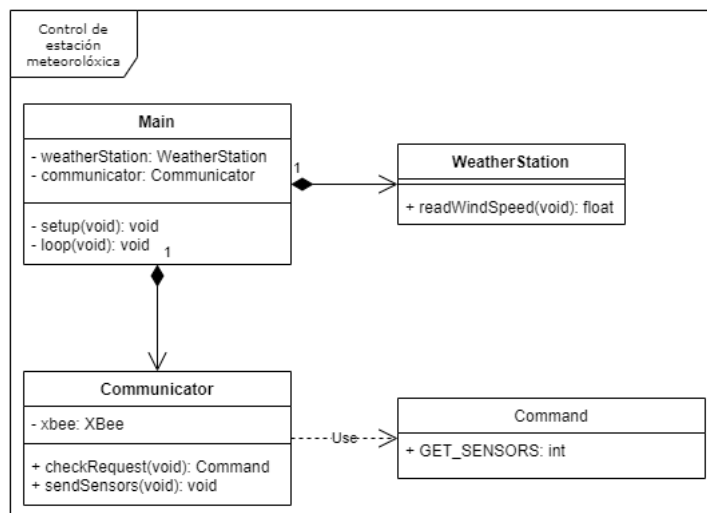


Figura 3.11: Diagrama de clases do firmware do controlador de estación meteorolóxica.

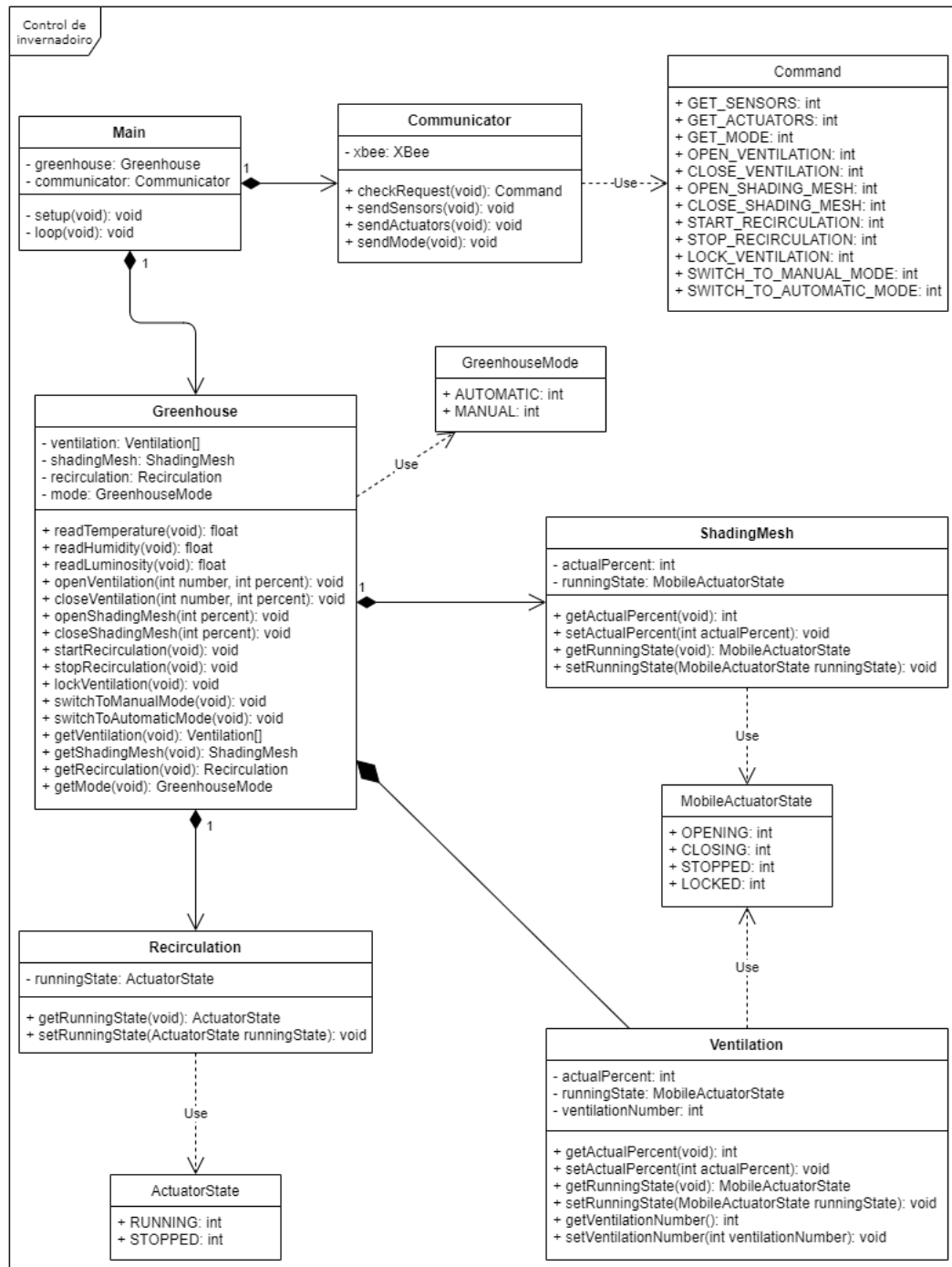


Figura 3.12: Diagrama de clases do firmware do controlador de invernadero.



### Diagramas de secuencia

Para entender cómo se comunican las distintas clases, pueden verse a continuación unos diagramas de secuencia.

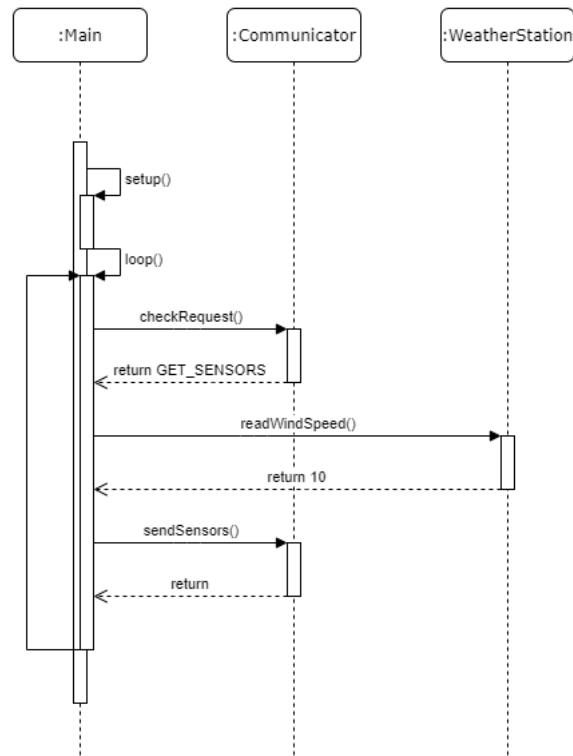


Figura 3.13: Diagrama de secuencia de petición de sensores á estación meteorolóxica.

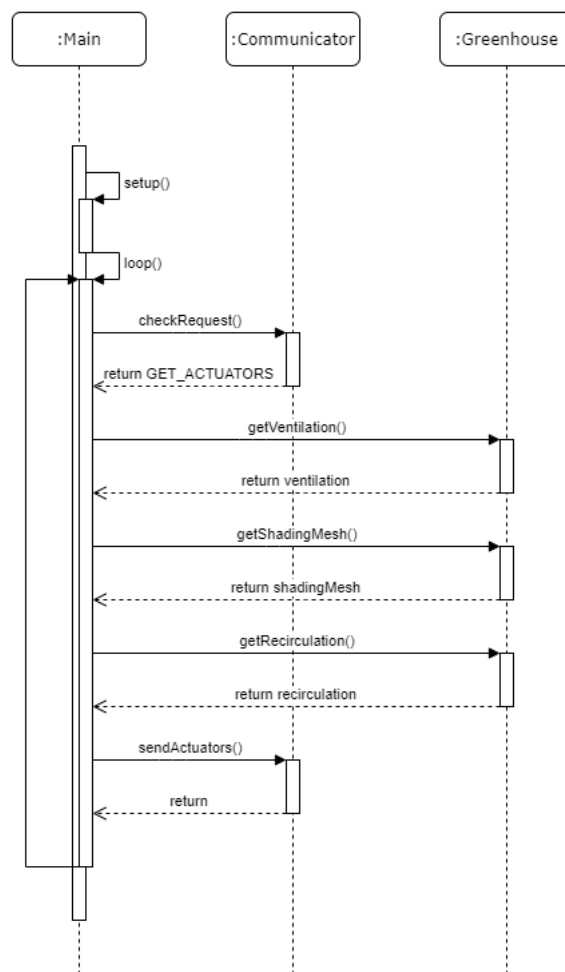


Figura 3.14: Diagrama de secuencia de petición de actuadores a un invernadero.

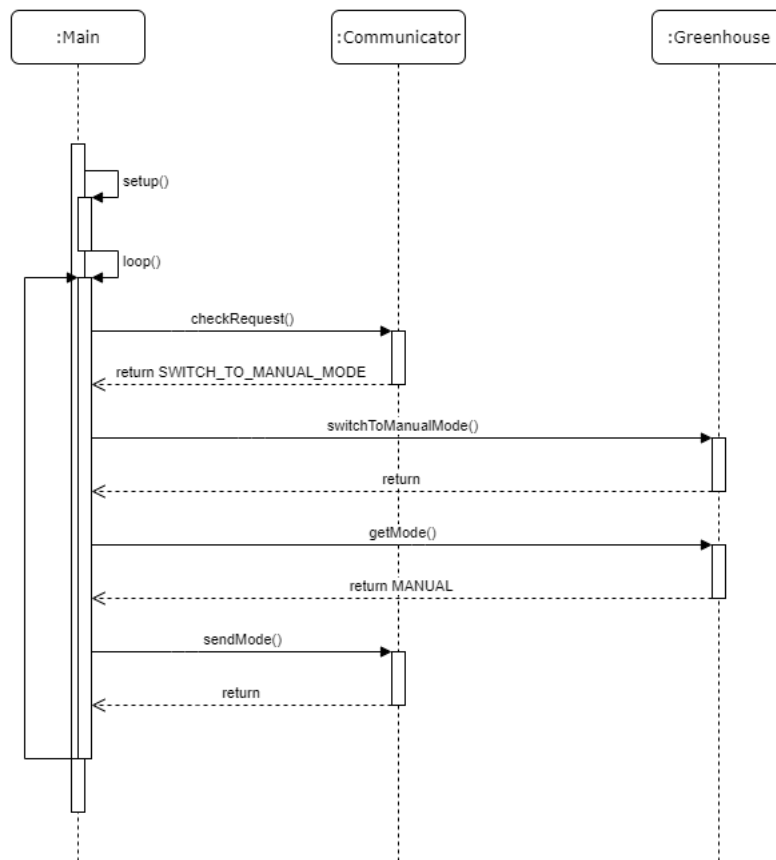


Figura 3.15: Diagrama de secuencia de petición de cambio a modo manual.

### Exemplo de código fonte

A continuación adxúntase un fragmento de código na linguaxe de programación C++ onde se pode ver cómo se interactúa co compoñente “Communicator” do firmware do controlador de invernadoiro onde se emprega a clase “XBee” importada do módulo “xbee-arduino” [6] incorporado no proxecto.

```

1
2 void checkRequest() {
3     XBeeResponse response;
4     ZBRxResponse rx = ZBRxResponse();
5     size_t length = 0;
6     byte *data = NULL;
7
8     // Lemos do XBee
9     xbee.readPacket();

```

```
10 response = xbee.getResponse();
11
12 // Se hai algo que recibir
13 if (response.isAvailable() && !response.isError()
14     && response.getApiId() == ZB_RX_RESPONSE) {
15     // Obtemos os datos da petición
16     response.getZBRxResponse(rx);
17     length = rx.getDataLength();
18     data = rx.getData();
19
20     // Comprobamos qué operación é solicitada e executámola
21     switchOperation(data, length);
22 }
23 }
24
25 void sendSensors() {
26     XBeeAddress64 coordinator = XBeeAddress64(0x00000000, 0x00000000);
27     data_t dataType = DATA_SENSORS;
28     size_t dataSize = sizeof(dataType) +
29         sizeof(sensorGroup.temperature.value) +
30         sizeof(sensorGroup.humidity.value)
31         + sizeof(sensorGroup.luminosity.value);
32     byte data[dataSize];
33     int dataIndex = 0;
34
35     // Engadimos a cabeceira co tipo de dato a enviar
36     memcpy(&data[dataIndex], &dataType, sizeof(dataType));
37     dataIndex += sizeof(dataType);
38
39     // Engadimos os datos dos sensores
40     memcpy(&data[dataIndex], &sensorGroup.temperature.value,
41         sizeof(sensorGroup.temperature.value));
42     dataIndex += sizeof(sensorGroup.temperature.value);
43     memcpy(&data[dataIndex], &sensorGroup.humidity.value,
44         sizeof(sensorGroup.humidity.value));
45     dataIndex += sizeof(sensorGroup.humidity.value);
46     memcpy(&data[dataIndex], &sensorGroup.luminosity.value,
47         sizeof(sensorGroup.luminosity.value));
48     dataIndex += sizeof(sensorGroup.luminosity.value);
49
50     // Preparamos o paquete
51     ZBTxRequest request = ZBTxRequest(coordinator, data, dataSize);
52
53     // Enviamos o paquete
54     xbee.send(request);
55 }
```

### 3.2.2 Software de control

#### Introdución

O software de control do sistema climático está escrito na linguaxe de programación Python empregando o patrón MVC [B], execútase no controlador principal (RaspberryPi) e encárgase principalmente de catro tarefas:

- **Interacción co usuario:** Mediante unha interfaz gráfica implementada en GTK permítele ó usuario interactuar co sistema para establecer as consignas climáticas (gardándoas nun ficheiro csv), consultar os datos dos sensores tanto dos invernadoiros como da estación meteorolóxica, cambiar de modo de funcionamento (manual / automático) e ver o estado dos actuadores tanto a función que están realizando (subindo ventilación, recollendo malla de sombreado, recirculación activa...) como a porcentaxe de apertura no caso da ventilación e da malla de sombreado. Este proceso é o que ocupa o fío principal da aplicación.
- **Lectura de sensores:** Mediante un proceso executado nun fío independente ó que executa a aplicación gráfica, o sistema encárgase de solicitar os valores dos sensores á estación meteorolóxica e aos invernadoiros. Unha vez obtidos os datos, o sistema actualiza a interfaz gráfica para que o usuario poida velos. Esta rutina execútase nun intervalo de tempo fixado no sistema.
- **Control climático:** O sistema consulta os sensores e os valores que o usuario estableceu para as consignas. Con estes datos execútase o proceso de control climático, isto é, interactúa cos distintos actuadores dos invernadoiros en función de se un parámetro supera unha consigna máxima ou cae por debaixo dunha consigna mínima. Tamén actualiza a interfaz gráfica con estados actuais dos actuadores. Este proceso execútase noutro fío independente nun intervalo de tempo fixado no sistema.
- **Rexistro de historial:** Noutro fío independente execútase o proceso de gardado do historial climático. O sistema consulta os sensores e por cada parámetro climático (temperatura, humidade, luminosidade e velocidade do vento) crea un rexistro nun ficheiro csv engadindo a data e hora actuais. Este proceso execútase nun intervalo de tempo fixado no sistema.

#### Diagramas de clases

A continuación poden verse os seguintes diagramas de clases do software de control:

- Diagrama do sistema xeral onde pode observarse as comunicacións entre procesos, vista, controladores e xestores do modelo (ver figura 3.16).

- Diagrama do xestor de sensores composto dunha colección de invernadoiros e dunha estación meteorolóxica, dos cales depende para facer a solicitude de sensores (ver figura 3.17).
- Diagrama do xestor de actuadores composto dunha colección de invernadoiros da cal depende para executar as accións sobre os actuadores e cambiar o modo de funcionamento do sistema (ver figura 3.18).
- Diagrama do xestor de historial composto dunha colección de rexistros de invernadoiro e dunha colección de rexistros de estación meteorolóxica das cales depende para poder almacenar o historial (ver figura 3.19).
- Diagrama do xestor de consigas composto dunha colección de consignas da cal depende para poder almacenar as consignas establecidas polo usuario (ver figura 3.20).
- Diagrama dos dispositivos de control de invernadoiro e de estación meteorolóxica compostos por un XBee, unha dirección de destino e un identificador (este último so é necesario para o invernadoiro) dos cales depende para comunicarse co dispositivo correspondente a través dunha petición e recibir unha resposta (ver figura 3.21).

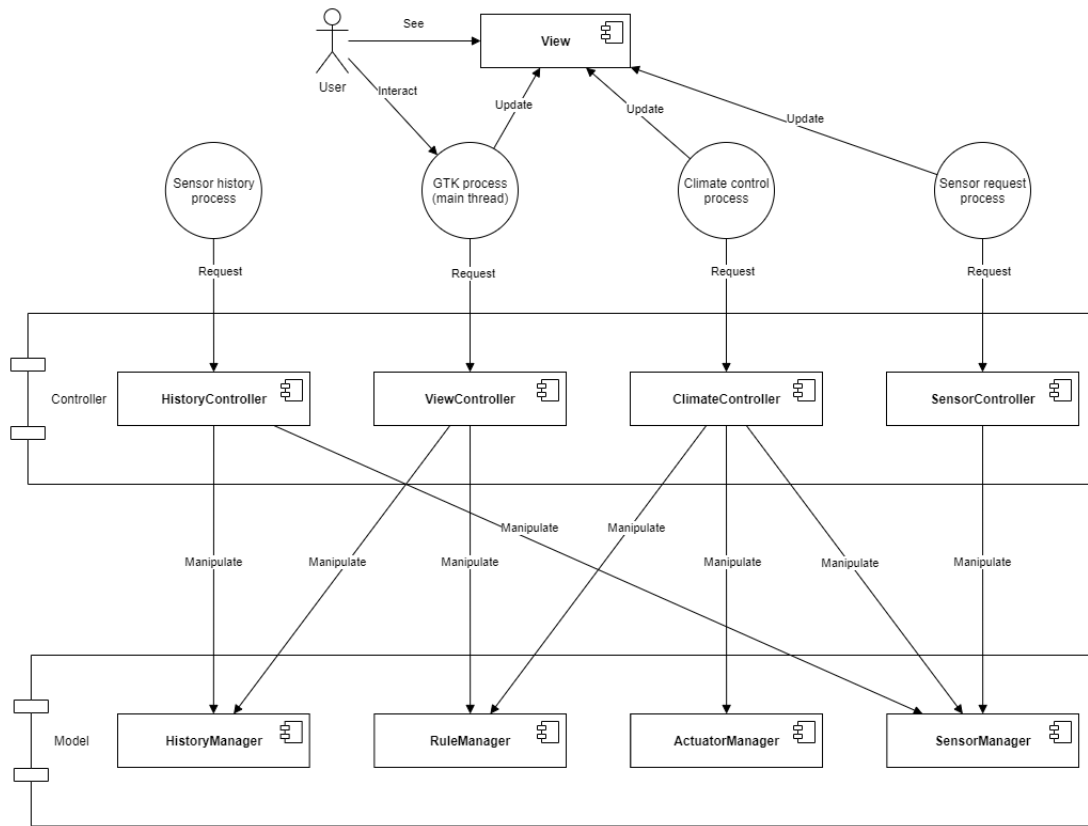


Figura 3.16: Diagrama de clases - Modelo Vista Controlador.

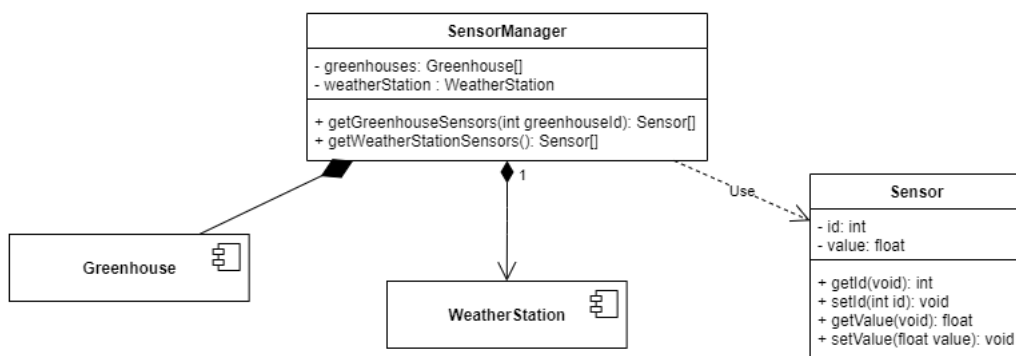


Figura 3.17: Diagrama de clases - Xestión de sensores.

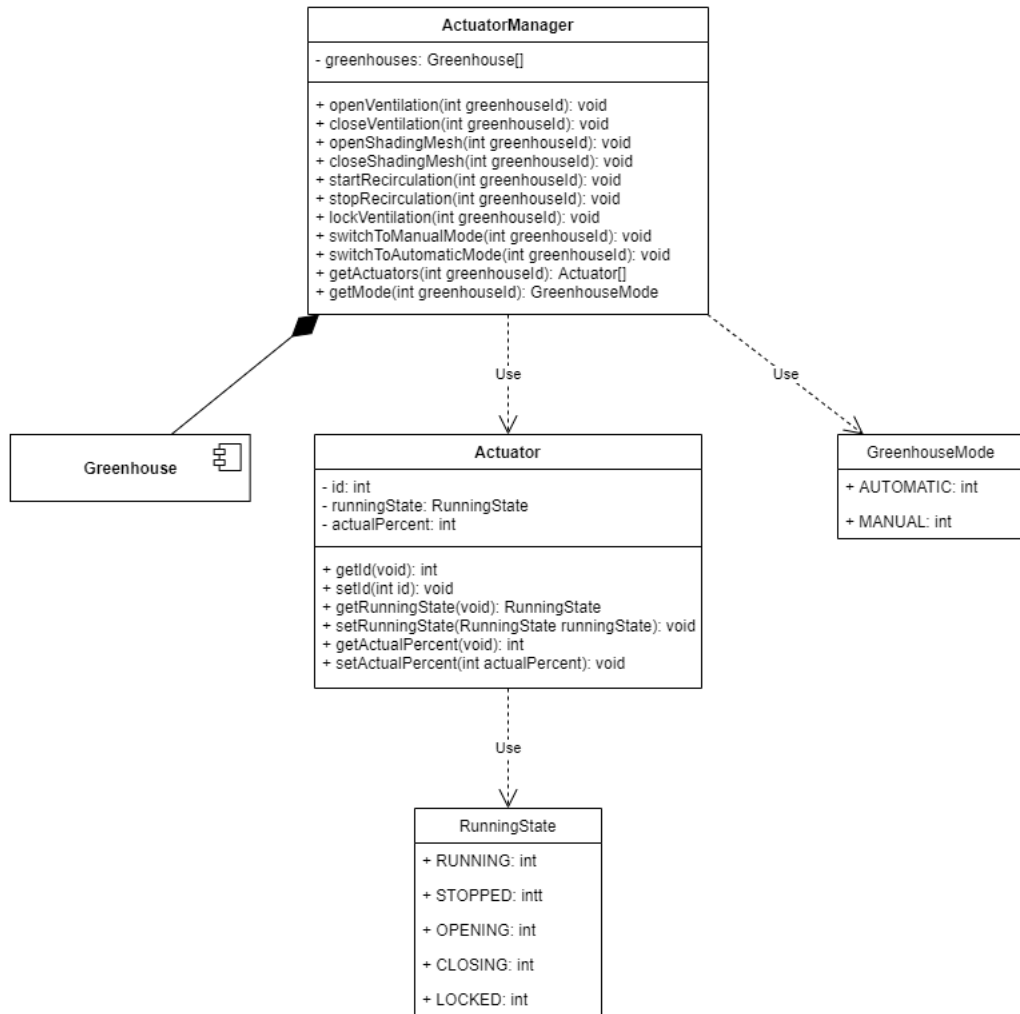


Figura 3.18: Diagrama de clases - Xestión de actuadores.



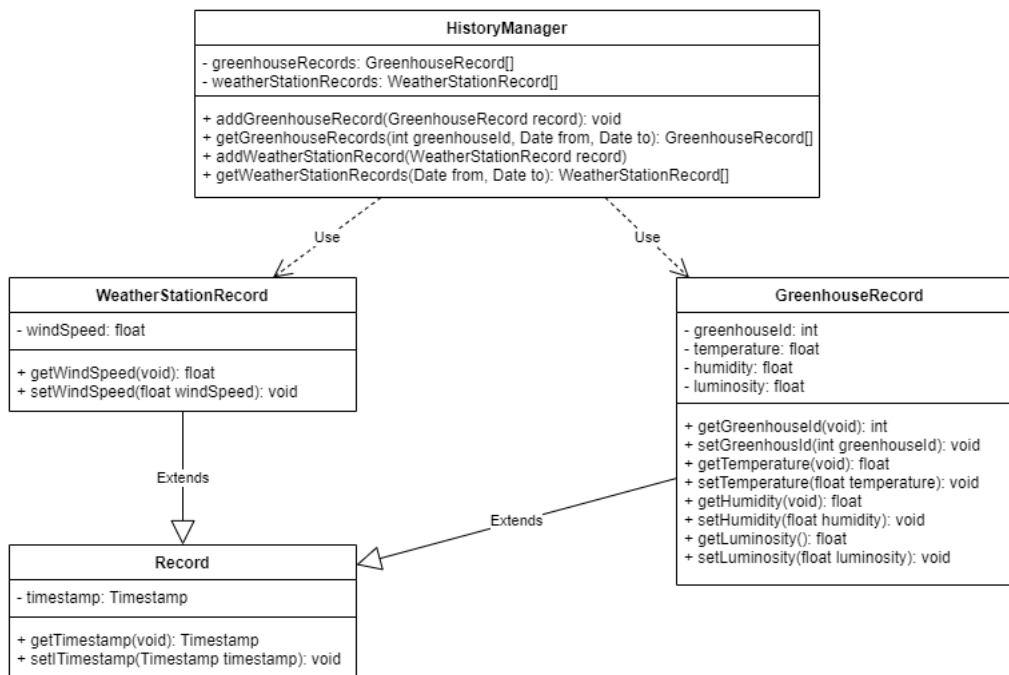


Figura 3.19: Diagrama de clases - Xestión de historial.

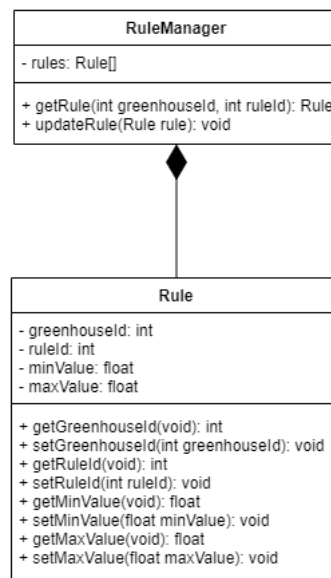


Figura 3.20: Diagrama de clases - Xestión de consignas.

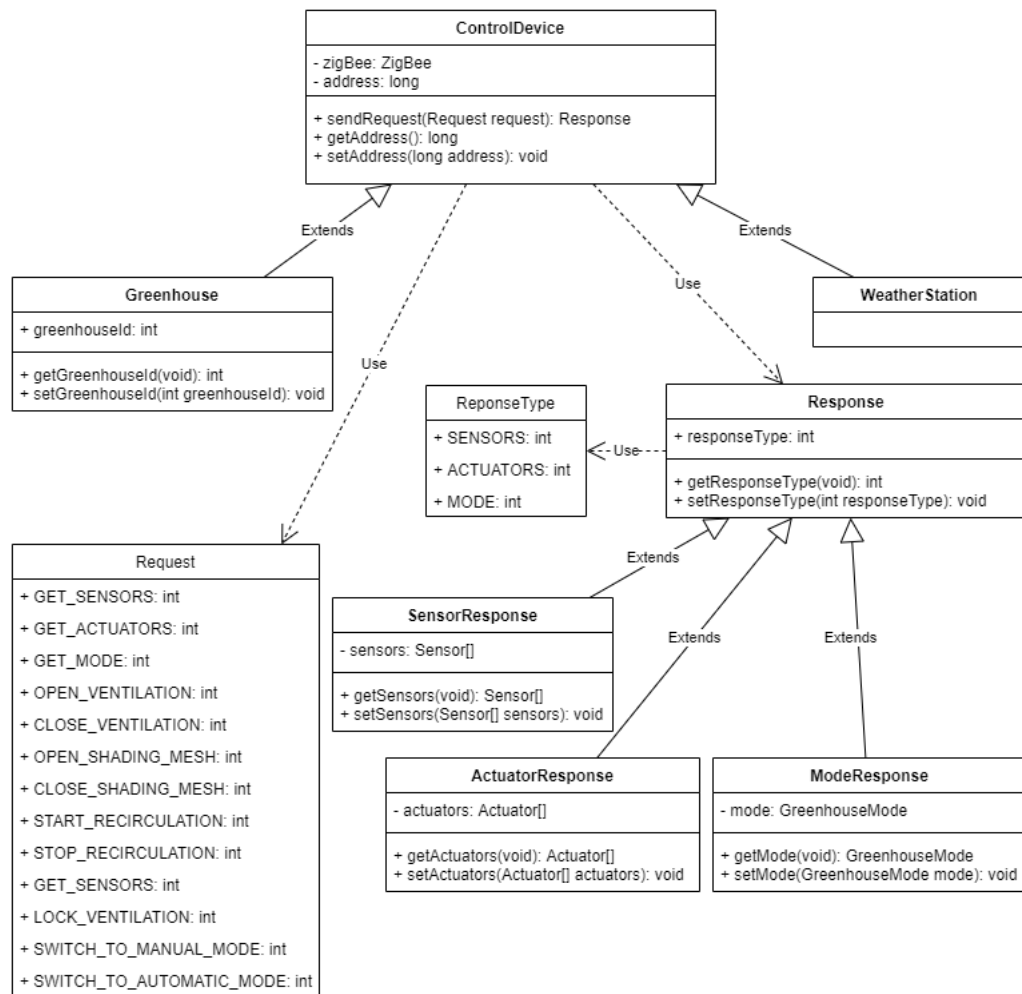


Figura 3.21: Diagrama de clases - Dispositivo de control.

### Diagramas de secuencia

Para entender cómo se comunican las distintas clases, pueden verse a continuación los siguientes diagramas de secuencia:

- Diagrama de secuencia del proceso de abrir la ventilación (ver figura 3.22).
- Diagrama de secuencia del proceso de guardar historial (ver figura 3.23).

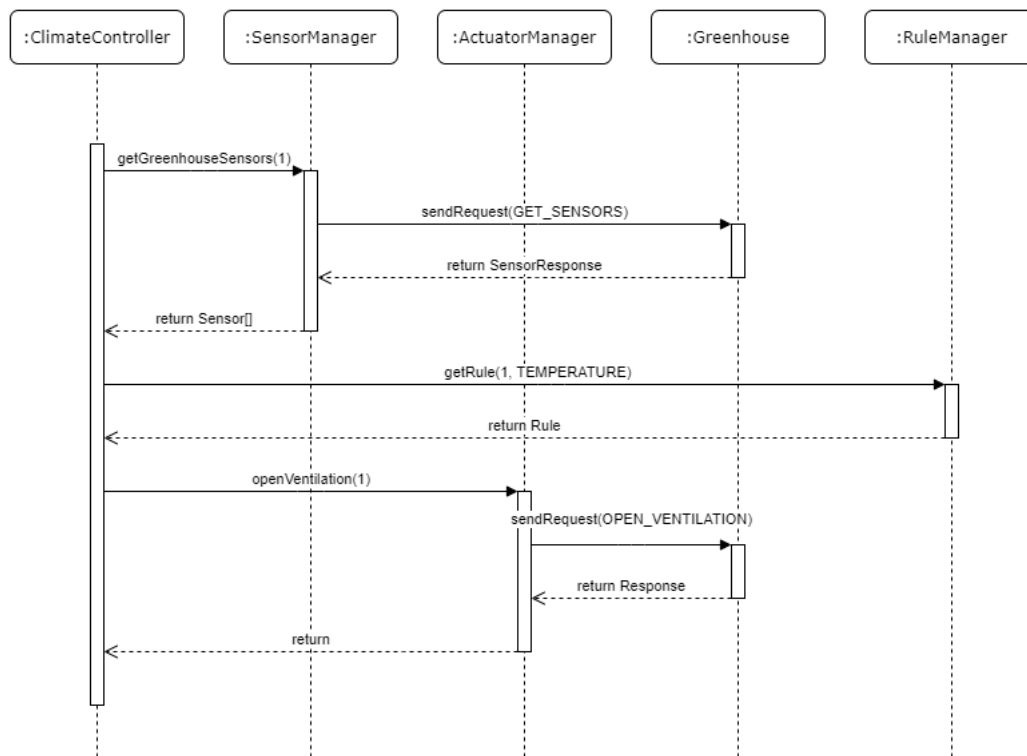


Figura 3.22: Diagrama de secuencia - Abrir ventilación.

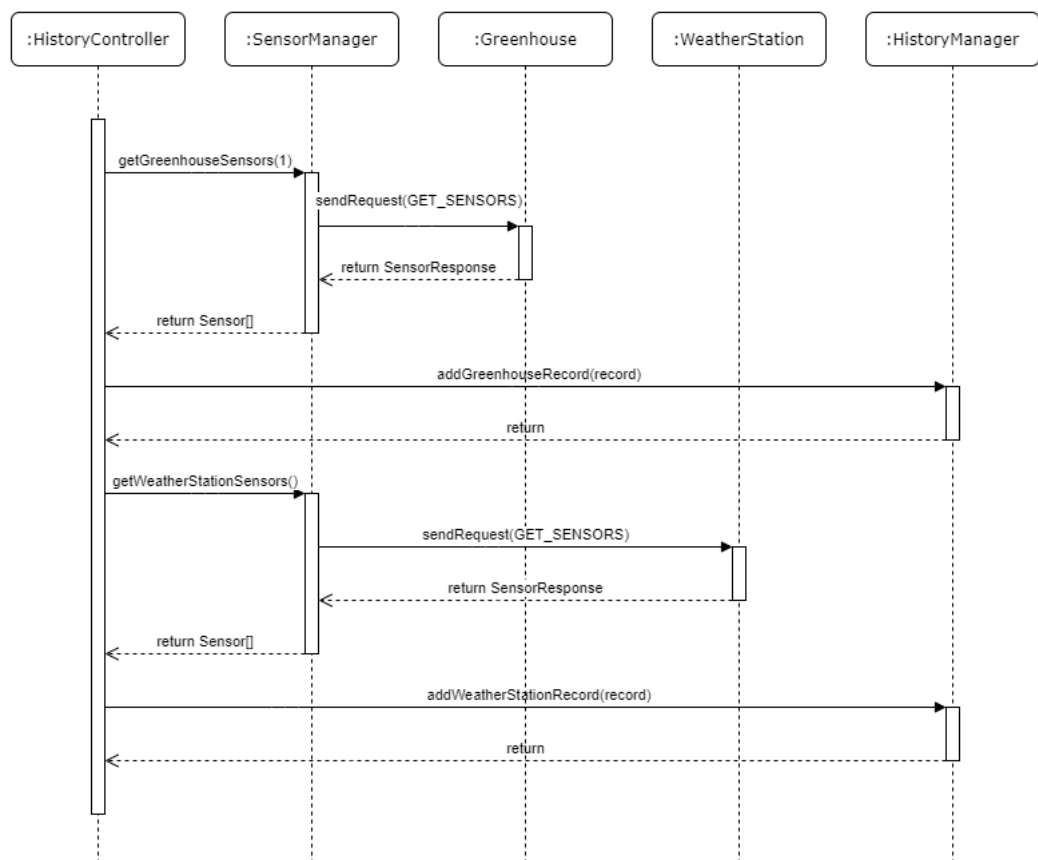


Figura 3.23: Diagrama de secuencia - Gardar historial.



## Implantación e probas

---

### 4.1 Implantación

A instalación do sistema realízase nunha empresa privada que conta con 2 invernadoiros que contan xa con mecanismos eléctricos controlados manualmente con interruptores. O proceso de instalación faise en cinco fases:

- Fase 1: Instalación dos sensores de invernadoiro: Nesta fase colócanse os sensores de temperatura, humidade e luminosidade nos 2 invernadoiros e exténdese o cable de conexión ata un lateral do invernadoiro onde irá instalada a caixa de control.
- Fase 2: Instalación da estación meteorolóxica: Nesta fase colócase a estación meteorolóxica nun mástil situado preto dunha zona onde haxa unha conexión eléctrica.
- Fase 3: Instalación dos controladores de invernadoiro: Nesta fase empréganse caixas estancas con carril DIN onde vai introducida unha fonte de alimentación, o controlador Arduino, o dispositivo de comunicación XBee e mais os relés necesarios. Ó controlador van conectados os sensores de temperatura, humidade e luz, cada un no seu pin correspondente. Os relés van conectados por un lado a un pin do controlador e por outro ós mecanismos actuadores. Emprégase un relé para activar e desactivar a recirculación, dous relés para o motor da malla de sombreado (un para activar a recollida da malla e outro para activar a extensión da mesma), outro par de relés por cada motor da ventilación (un para activar a subida da ventilación e outro para activar a baixada da mesma). Tamén se emprega un relé adicional para activar ou desactivar os interruptores de control manual.
- Fase 4: Instalación do controlador da estación meteorolóxica: Nesta fase empréganse unha caixa estanca con carril DIN onde vai introducida unha fonte de alimentación, o

controlador Arduino e o dispositivo de comunicación XBee. A un pin do controlador conéctase o anemómetro.

- Fase 5: Instalación do controlador principal: Nesta fase emprégase unha caixa estanca con carril DIN e introdúcese unha fonte de alimentación, o controlador RaspberryPi, un SAI e o dispositivo de comunicación XBee. A esta caixa fáiselle un corte e acóplase a pantalla táctil e outro corte para expoñer ó exterior un par de conexións USB onde conectar un rato ou un dispositivo de almacenamento.

## 4.2 Probas

Nesta sección amósanse as probas de validación dos casos de uso do sistema (poden verse detalles que corresponden a casos de uso implementados a posteriori e que non aparecen reflexados nesta memoria).

### Probas dos procesos de control automático

A continuación podemos ver un fragmento do log do sistema en distintas fraccións de tempo para poder observar as distintas actuacións.

```

1 01/01/2019 11:04 - INFO - METEO_SENSORS: E. METEOROLÓXICA: ANE. =
    2.40 | VELETA = ESTE | PLU. PULSOS = 0 | PLU. ACTUAL = 0.0 |
    PLU. HORA = 1.12 | PLU. DÍA = 0.0 | TEM. = 4.45 | HUM. = 88.27
2 01/01/2019 11:04 - INFO - GH_SENSORS: INVERNADOIRO 1: TEM. = 9.41 |
    HUM. = 86.44 | LUM. = 2737.05
3 01/01/2019 11:04 - INFO - GH_SENSORS: INVERNADOIRO 2: TEM. = 8.64 |
    HUM. = 78.86 | LUM. = 3958.94
4 01/01/2019 11:04 - INFO - METEO_PERFORMANCE: INVERNADOIRO 1: ALERTA
    = NINGUNHA | V.F. 0 = DESBLOQUEADA (100) | V.E. 0 = DESBLOQUEADA
    (100) | V.D. 0 = DESBLOQUEADA (100) | V.C. 0 = DESBLOQUEADA (100)
5 01/01/2019 11:04 - INFO - METEO_PERFORMANCE: INVERNADOIRO 2: ALERTA
    = NINGUNHA | V.F. 0 = DESBLOQUEADA (100) | V.E. 0 = DESBLOQUEADA
    (100) | V.E. 1 = DESBLOQUEADA (100) | V.D. 0 = DESBLOQUEADA
    (100) | V.D. 1 = DESBLOQUEADA (100) | V.C. 0 = DESBLOQUEADA
    (100) | V.C. 1 = DESBLOQUEADA (100) | V.C. 2 = DESBLOQUEADA (100)
6 01/01/2019 11:05 - INFO - METEO_SENSORS: E. METEOROLÓXICA: ANE. =
    1.60 | VELETA = ESTE | PLU. PULSOS = 0 | PLU. ACTUAL = 0.0 |
    PLU. HORA = 1.12 | PLU. DÍA = 0.0 | TEM. = 4.45 | HUM. = 88.29
7 01/01/2019 11:05 - INFO - GH_PERFORMANCE - SENSOR_STATUS:
    INVERNADOIRO 1: TEM. MEDIA = 8.89 | HUM. MEDIA = 86.41 | LUM.
    MEDIA = 2663.73 | ESTADO TEM. = BAIXA | ESTADO HUM. = MOI ALTA |
    ESTADO LUM. = BAIXA | TEM. CRITICA = NON | TEM. V.C. PECHADA =
    SÍ | LUM. V.P. DESHABILITADA = NON

```

```

8 01/01/2019 11:05 - INFO - GH_PERFORMANCE - ACTIONS: INVERNADOIRO 1:
    VENTILATION_START = True | VENTILATION_STOP = False |
    VENTILATION_UP = False | VENTILATION_DOWN = False | SHADING_OPEN
    = True | SHADING_CLOSE = False | SHADING_LIMIT = False |
    RECIRCULATION_START = True | RECIRCULATION_STOP = False
9 01/01/2019 11:05 - INFO - GH_ACTUATORS: INVERNADOIRO 1: MODO =
    AUTOMÁTICO | REC. = ACTIVADA | M.S. = RECOLLENDO (100) | V.F. 0
    = PARADA (0) | V.E. 0 = PARADA (0) | V.D. 0 = PARADA (0) | V.C.
    0 = PARADA (0)
10 01/01/2019 11:44 - INFO - GH_SENSORS: INVERNADOIRO 1: TEM. = 16.12
    | HUM. = 57.23 | LUM. = 3470.19
11 01/01/2019 11:44 - INFO - GH_SENSORS: INVERNADOIRO 2: TEM. = 16.45
    | HUM. = 67.01 | LUM. = 5180.84
12 01/01/2019 11:44 - INFO - METEO_SENSORS: E. METEOROLÓXICA: ANE. =
    0.0 | VELETA = ESTE | PLU. PULSOS = 0 | PLU. ACTUAL = 0.56 |
    PLU. HORA = 1.12 | PLU. DÍA = 0.0 | TEM. = 6.56 | HUM. = 82.72
13 01/01/2019 11:44 - INFO - METEO_PERFORMANCE: INVERNADOIRO 1: ALERTA
    = NINGUNHA | V.F. 0 = DESBLOQUEADA (100) | V.E. 0 = DESBLOQUEADA
    (100) | V.D. 0 = DESBLOQUEADA (100) | V.C. 0 = DESBLOQUEADA (100)
14 01/01/2019 11:44 - INFO - METEO_PERFORMANCE: INVERNADOIRO 2: ALERTA
    = NINGUNHA | V.F. 0 = DESBLOQUEADA (100) | V.E. 0 = DESBLOQUEADA
    (100) | V.E. 1 = DESBLOQUEADA (100) | V.D. 0 = DESBLOQUEADA
    (100) | V.D. 1 = DESBLOQUEADA (100) | V.C. 0 = DESBLOQUEADA
    (100) | V.C. 1 = DESBLOQUEADA (100) | V.C. 2 = DESBLOQUEADA (100)
15 01/01/2019 11:44 - INFO - METEO_SENSORS: E. METEOROLÓXICA: ANE. =
    0.0 | VELETA = ESTE | PLU. PULSOS = 0 | PLU. ACTUAL = 0.56 |
    PLU. HORA = 1.12 | PLU. DÍA = 0.0 | TEM. = 6.56 | HUM. = 82.95
16 01/01/2019 11:45 - INFO - METEO_PERFORMANCE: INVERNADOIRO 1: ALERTA
    = NINGUNHA | V.F. 0 = DESBLOQUEADA (100) | V.E. 0 = DESBLOQUEADA
    (100) | V.D. 0 = DESBLOQUEADA (100) | V.C. 0 = DESBLOQUEADA (100)
17 01/01/2019 11:45 - INFO - METEO_PERFORMANCE: INVERNADOIRO 2: ALERTA
    = NINGUNHA | V.F. 0 = DESBLOQUEADA (100) | V.E. 0 = DESBLOQUEADA
    (100) | V.E. 1 = DESBLOQUEADA (100) | V.D. 0 = DESBLOQUEADA
    (100) | V.D. 1 = DESBLOQUEADA (100) | V.C. 0 = DESBLOQUEADA
    (100) | V.C. 1 = DESBLOQUEADA (100) | V.C. 2 = DESBLOQUEADA (100)
18 01/01/2019 11:45 - INFO - METEO_SENSORS: E. METEOROLÓXICA: ANE. =
    0.0 | VELETA = ESTE | PLU. PULSOS = 0 | PLU. ACTUAL = 0.56 |
    PLU. HORA = 1.12 | PLU. DÍA = 0.0 | TEM. = 6.56 | HUM. = 83.13
19 01/01/2019 11:45 - INFO - GH_PERFORMANCE - SENSOR_STATUS:
    INVERNADOIRO 1: TEM. MEDIA = 15.41 | HUM. MEDIA = 58.28 | LUM.
    MEDIA = 3274.68 | ESTADO TEM. = ALTA | ESTADO HUM. = AXEITADA |
    ESTADO LUM. = BAIXA | TEM. CRITICA = NON | TEM. V.C. PECHADA =
    NON | LUM. V.P. DESHABILITADA = NON
20 01/01/2019 11:45 - INFO - GH_PERFORMANCE - ACTIONS: INVERNADOIRO 1:
    VENTILATION_START = False | VENTILATION_STOP = True |
    VENTILATION_UP = True | VENTILATION_DOWN = False | SHADING_OPEN

```



```

= True | SHADING_CLOSE = False | SHADING_LIMIT = False |
RECIRCULATION_START = False | RECIRCULATION_STOP = True
21 01/01/2019 11:45 - INFO - GH_ACTUATORS: INVERNADOIRO 1: MODO =
AUTOMÁTICO | REC. = ACTIVADA | M.S. = PARADA (100) | V.F. 0 =
PARADA (100) | V.E. 0 = PARADA (100) | V.D. 0 = PARADA (100) |
V.C. 0 = SUBINDO (40)
22 19/01/2019 12:00 - INFO - METEO_SENSORS: E. METEOROLÓXICA: ANE. =
12.80 | VELETA = ESTE | PLU. PULSOS = 15 | PLU. ACTUAL = 0.0 |
PLU. HORA = 1.40 | PLU. DÍA = 0.0 | TEM. = 9.78 | HUM. = 96.67
23 19/01/2019 12:01 - INFO - METEO_PERFORMANCE: INVERNADOIRO 1: ALERTA
= MÁXIMA | V.F. 0 = BLOQUEADA (0) | V.E. 0 = BLOQUEADA (0) |
V.D. 0 = BLOQUEADA (0) | V.C. 0 = BLOQUEADA (0)
24 19/01/2019 12:01 - INFO - METEO_PERFORMANCE: INVERNADOIRO 2: ALERTA
= MODERADA POR CHOIVA | V.F. 0 = BLOQUEADA (0) | V.E. 0 =
DESBLOQUEADA (100) | V.E. 1 = DESBLOQUEADA (100) | V.D. 0 =
DESBLOQUEADA (100) | V.D. 1 = DESBLOQUEADA (100) | V.C. 0 =
BLOQUEADA (0) | V.C. 1 = BLOQUEADA (0) | V.C. 2 = BLOQUEADA (0)
25 19/01/2019 12:01 - INFO - METEO_SENSORS: E. METEOROLÓXICA: ANE. =
9.60 | VELETA = ESTE | PLU. PULSOS = 9 | PLU. ACTUAL = 0.0 |
PLU. HORA = 1.40 | PLU. DÍA = 0.0 | TEM. = 9.78 | HUM. = 96.69
26 19/01/2019 12:01 - INFO - GH_ACTUATORS: INVERNADOIRO 1: MODO =
AUTOMÁTICO | REC. = DESACTIVADA | M.S. = PARADA (100) | V.F. 0 =
PARADA (0) | V.E. 0 = PARADA (0) | V.D. 0 = BAIXANDO (0) | V.C.
0 = PARADA (0)
27 19/01/2019 12:01 - INFO - GH_ACTUATORS: INVERNADOIRO 1: MODO =
AUTOMÁTICO | REC. = DESACTIVADA | M.S. = PARADA (100) | V.F. 0 =
PARADA (0) | V.E. 0 = PARADA (0) | V.D. 0 = PARADA (0) | V.C. 0
= PARADA (0)

```

Lenda de termos que aparecen nas liñas de log anteriores:

- METEO\_SENSORS: Indica a recepción dos sensores enviados pola estación meteorolóxica.
- GH\_SENSORS: Indica a recepción dos sensores enviados por un invernadoiro.
- METEO\_PERFORMANCE: Indica a actuación que se está facendo nos actuadores dun invernadoiro a partir dos datos recibidos da estación meteorolóxica.
- GH\_PERFORMANCE: Indica a actuación que se está facendo nos actuadores dun invernadoiro a partir dos datos recibidos dese invernadoiro.
- GH\_ACTUATORS: Indica a recepción dos estados dos actuadores enviados por un invernadoiro.
- ANE: Indica o valor actual do anemómetro enviado pola estación meteorolóxica.

- TEM: Indica o valor actual da temperatura enviado por un dos invernadoiros.
- HUM: Indica o valor actual da humidade enviado por un dos invernadoiros.
- LUM: Indica o valor actual da luminosidade enviado por un dos invernadoiros.
- V.F.: Indica o estado actual da ventilación frontal dun invernadoiro.
- V.E.: Indica o estado actual da ventilación esquerda dun invernadoiro.
- V.D.: Indica o estado actual da ventilación dereita dun invernadoiro.
- V.C.: Indica o estado actual da ventilación cenital dun invernadoiro.
- M.S.: Indica o estado actual da malla de sombreado dun invernadoiro.
- REC: Indica o estado actual da recirculación dun invernadoiro.
- O número que ven a continuación do estado dun actuador indica a porcentaxe final na que quedará ese actuador unha vez remate o seu movemento.

A continuación identifícanse casos de uso a partir do fragmento de log anterior.

- CU-003 - Actuar sobre ventilación: Na liña 19 pode observarse que a temperatura nese momento é de “15.41 °C”. O sistema detecta que supera a consigna máxima de temperatura establecida (ESTADO TEM. = ALTA). Logo na liña 20 pode observarse que o sistema decide subir a ventilación (VENTILATION\_UP = True) e por último pode comprobarse na liña 21 que o estado actual da ventilación (neste caso da ventilación cenital porque as outras xa están ó 100%) é “SUBINDO” (V.C. 0 = SUBINDO (40)).
- CU-004 - Actuar sobre malla de sombreado: Na liña 7 pode observarse que a luminosidade nese momento é de “2663.73 LUX”. O sistema detecta que cae por debaixo da consigna mínima de luminosidade establecida (ESTADO LUM. = BAIXA). Logo na liña 8 pode observarse que o sistema decide recoller a malla de sombreado (SHADING\_OPEN = True) e por último pode comprobarse na liña 9 que o estado actual da malla de sombreado é “RECOLLENDO” (M.S. = RECOLLENDO (100)).
- CU-005 - Actuar sobre recirculación: Na liña 7 pode observarse que a humidade nese momento é de “86.41 %”. O sistema detecta que supera a consigna máxima de humidade establecida (ESTADO HUM. = MOI ALTA). Logo na liña 8 pode observarse que o sistema decide activar o sistema de recirculación (RECIRCULATION\_START = True) e por último pode comprobarse na liña 9 que o estado actual do sistema de recirculación é “ACTIVADA” (REC. = ACTIVADA).

- CU-006 - Bloquear ventilación: Na liña 22 pode observarse que a velocidade do vento nese momento é de “12.80 km/h”. Logo na liña 23 pode observarse como o sistema decide bloquear a ventilación (V.F. 0 = BLOQUEADA (0) | V.E. 0 = BLOQUEADA (0) | V.D. 0 = BLOQUEADA (0) | V.C. 0 = BLOQUEADA (0)) e por último pode comprobarse na liña 26 que o estado actual da ventilación (neste caso da ventilación dereita porque as outras xa están ó 0%) é “BAIXANDO” (V.D. 0 = BAIXANDO (0)).

### Probas da interfaz gráfica

A continuación identifícanse casos de uso a partires de capturas de pantalla da interfaz gráfica do sistema.

- CU-001 - Consultar sensores: Nas figuras 4.1 e 4.2 pode verse como o sistema mostra por pantalla os valores de velocidade do vento, temperatura, humidade e luminosidade.

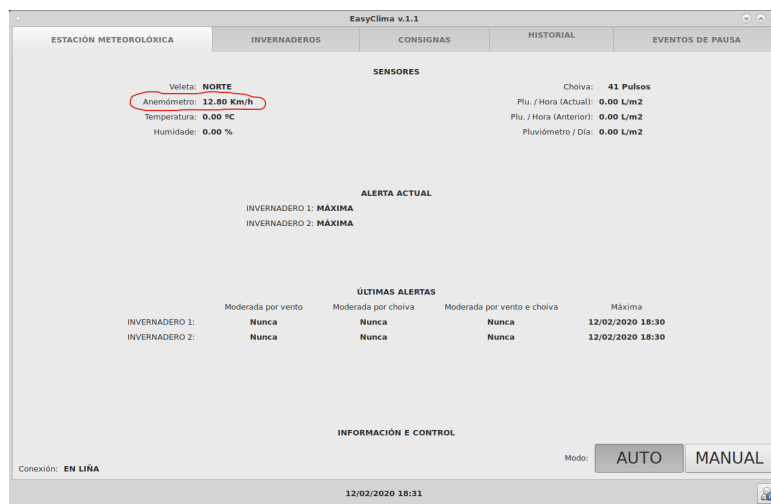


Figura 4.1: Interfaz gráfica - Anemómetro.

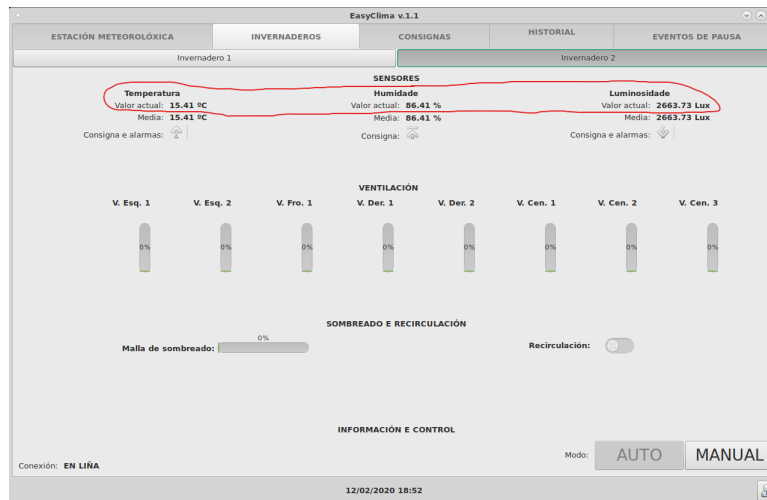


Figura 4.2: Interfaz gráfica - Sensores dun invernadoiro.

- CU-002 - Establecer consignas: Nas figuras 4.3 e 4.4 pode verse como o sistema permite establecer as consignas máxima e mínima de velocidade do vento, temperatura, humidade e luminosidade.

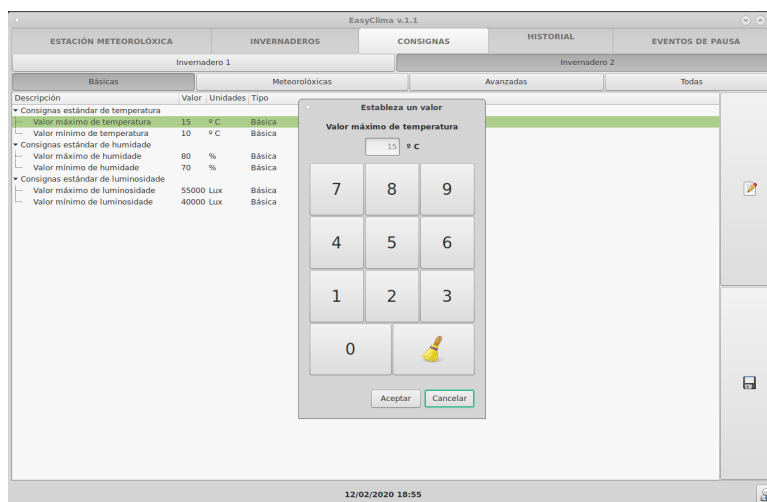


Figura 4.3: Interfaz gráfica - Consigna de velocidade do vento.

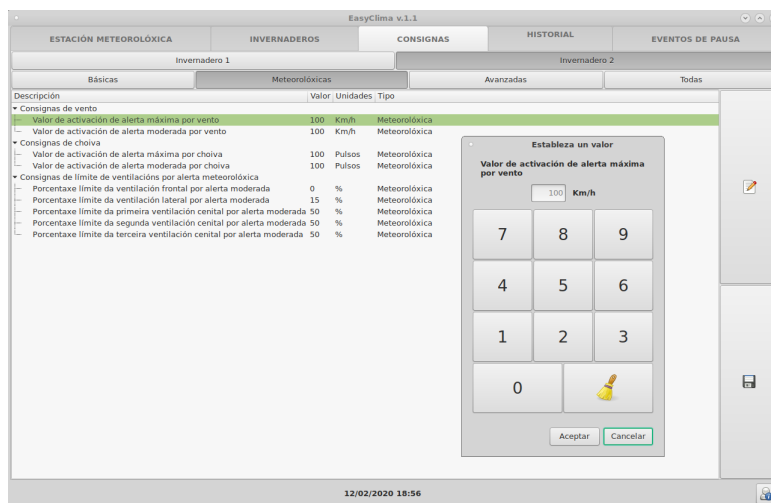


Figura 4.4: Interfaz gráfica - Consignas dun invernadoiro.

- CU-007 - Gardar historial: Nas figuras 4.5 e 4.6 pode verse como o sistema permite consultar o historial de rexistros de velocidade do vento, temperatura, humidade e luminosidade.

Data e Hora	Temperatura Media (°C)	Temperatura Máx. (°C)	Temperatura Mín. (°C)	Humidade Media (%)	Humidade Máx. (%)	Humidade Mín. (%)	Luminosidade Media (Lux)
01/01/19 18:14 7.65	7.87	7.54	78.92	79.47	77.88	0.00	0.00
01/01/19 18:03 8.30	8.53	7.65	77.32	77.64	76.78	65.98	171.06
01/01/19 17:52 9.08	9.52	8.53	74.94	76.54	73.48	378.79	537.63
01/01/19 17:41 10.04	10.40	9.30	72.26	73.12	71.53	745.36	904.20
01/01/19 17:30 10.78	11.28	10.51	68.96	71.41	66.40	1038.61	1148.58
01/01/19 17:19 11.80	12.16	11.39	66.14	67.25	64.69	1417.40	1637.34
01/01/19 17:08 12.78	13.70	12.16	61.73	63.95	59.19	1806.16	2126.10
01/01/19 16:57 14.16	15.68	13.37	55.41	58.70	53.08	2248.29	2492.67
01/01/19 16:46 16.40	17.00	15.90	55.13	56.74	52.83	2810.36	2981.43
01/01/19 16:35 17.14	17.44	16.78	50.61	52.59	48.44	3299.12	3470.19
01/01/19 16:24 17.13	17.33	16.78	46.85	48.07	45.99	3824.53	4081.13
01/01/19 16:13 17.13	17.33	16.89	45.08	46.24	43.91	4313.29	4569.89
01/01/19 16:02 17.42	17.66	17.11	42.08	43.55	40.98	4802.05	5058.85
01/01/19 15:51 18.07	18.43	17.66	39.74	40.74	38.78	5278.59	5547.41
01/01/19 15:40 19.33	19.86	18.65	36.71	38.05	35.24	5706.26	5913.98
01/01/19 15:29 20.29	21.18	19.31	34.78	35.48	34.02	6207.23	6402.74
01/01/19 15:18 21.19	22.17	20.74	32.18	33.65	31.21	6463.83	6647.12
01/01/19 15:07 22.59	23.27	22.17	30.44	31.45	29.37	6842.62	7013.68
01/01/19 14:55 22.96	23.27	22.83	29.30	29.50	29.01	7184.75	7258.06
01/01/19 14:44 23.76	24.81	22.72	29.25	29.74	28.64	7502.44	7624.63
01/01/19 14:33 24.42	25.25	23.82	28.70	28.89	28.27	7861.29	7746.82
01/01/19 14:22 25.14	25.47	24.70	29.51	29.86	28.76	7869.01	7991.20
01/01/19 14:11 24.78	25.47	24.15	29.85	30.23	29.50	8015.64	8357.77
01/01/19 14:00 24.78	25.25	24.04	32.11	33.53	30.72	8162.27	8235.58
01/01/19 13:49 25.67	26.35	25.25	34.75	35.73	33.65	8150.05	8235.58
01/01/19 13:38 24.78	25.36	23.60	35.74	36.71	35.00	8113.39	8235.58
01/01/19 13:27 22.83	24.04	21.51	37.01	39.52	35.97	7881.23	8113.39
01/01/19 13:16 22.41	23.49	21.29	39.98	40.98	39.15	7734.60	7746.82
01/01/19 13:05 20.89	21.84	19.64	43.28	45.01	41.10	7551.32	7746.82
01/01/19 12:54 18.90	19.64	17.55	43.08	44.28	41.72	7306.94	7380.25
01/01/19 12:43 18.44	19.09	17.33	47.67	52.22	43.30	7074.78	7258.06
01/01/19 12:33 16.43	20.74	18.65	60.05	63.30	49.41	6760.31	6951.40

Figura 4.5: Interfaz gráfica - Historial dun invernadoiro.

## CAPÍTULO 4. IMPLANTACIÓN E PROBAS

Data e Hora	Anemómetro Media (Km/h)	Anemómetro Máx. (Km/h)	Anemómetro Mín. (Km/h)	Plu. Hora Actual (Lm2)	Plu. Hora Anterior (Lm2)	Pluviómetro Día (Lm2)	Voleta	Temper.
01/01/19 23:55	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.00	NORTE	5.16
01/01/19 23:45	1.60	1.60	1.60	0.56	0.84	0.00	NORTE	5.90
01/01/19 23:35	0.80	0.80	0.80	0.28	0.84	0.00	NORTE	5.52
01/01/19 23:25	0.40	0.80	0.00	0.00	0.84	0.00	NORTE	5.26
01/01/19 23:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	NORTE	4.40
01/01/19 23:05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	NORTE	4.87
01/01/19 22:54	0.40	0.80	0.00	0.56	0.28	0.00	NORTE	4.99
01/01/19 22:44	0.00	0.00	0.00	0.28	0.28	0.00	NORTE	4.32
01/01/19 22:34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	NORTE	4.78
01/01/19 22:24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	NORTE	5.20
01/01/19 22:14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	NORTE	5.77
01/01/19 22:04	1.20	1.60	0.80	0.00	0.28	0.00	NORTE	6.02
01/01/19 21:54	4.00	4.00	0.28	0.84	0.00	0.00	NORTE	5.92
01/01/19 21:44	2.40	2.40	0.28	0.84	0.00	0.00	NORTE	5.40
01/01/19 21:33	2.00	2.40	1.60	0.28	0.84	0.00	NORTE	5.57
01/01/19 21:23	0.00	0.00	0.00	0.28	0.84	0.00	NORTE	6.16
01/01/19 21:13	0.00	0.00	0.00	0.28	0.84	0.00	NORTE	6.13
01/01/19 21:03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	NORTE	6.14
01/01/19 20:53	0.00	0.00	0.84	0.56	0.00	0.00	NORTE	6.09
01/01/19 20:43	0.80	0.80	0.84	0.56	0.00	0.00	NORTE	6.35
01/01/19 20:33	0.80	0.80	0.56	0.56	0.00	0.00	NORTE	6.51
01/01/19 20:23	0.00	0.00	0.56	0.56	0.00	0.00	NORTE	6.76
01/01/19 20:12	0.00	0.00	0.28	0.56	0.00	0.00	NORTE	7.14
01/01/19 20:02	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	NORTE	7.42
01/01/19 19:52	0.00	0.00	0.56	1.96	0.00	0.00	NORTE	7.64
01/01/19 19:42	0.00	0.00	0.56	1.96	0.00	0.00	NORTE	7.70
01/01/19 19:32	0.00	0.00	0.28	1.96	0.00	0.00	NORTE	7.88
01/01/19 19:22	0.00	0.00	0.00	1.96	0.00	0.00	NORTE	7.83
01/01/19 19:12	0.00	0.00	0.00	1.96	0.00	0.00	NORTE	7.93
01/01/19 19:02	0.00	0.00	0.00	1.96	0.00	0.00	NORTE	8.28
01/01/19 18:51	0.00	0.00	1.68	0.56	0.00	0.00	NORTE	8.57
01/01/19 18:41	0.00	0.00	1.40	0.56	0.00	0.00	NORTE	8.77

Figura 4.6: Interfaz gráfica - Historial da velocidade do vento.

- CU-008 - Cambiar modo de funcionamento: Na figura 4.7 pode verse como o sistema permite cambiar de modos de funcionamento entre automático e manual.

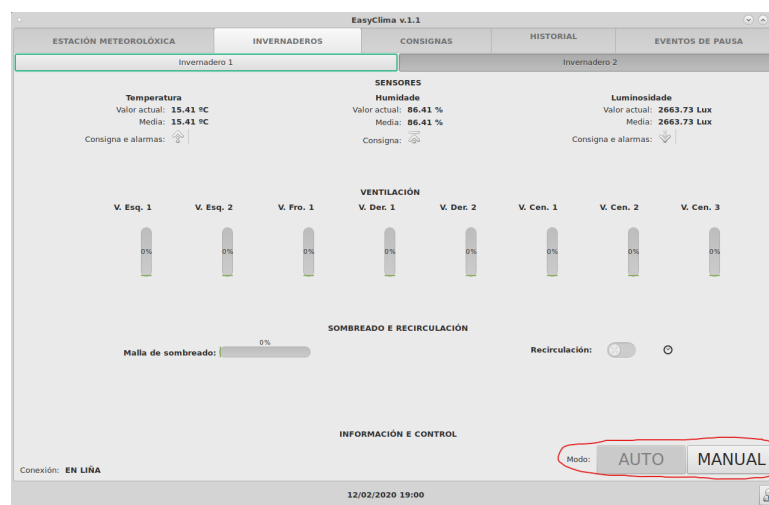


Figura 4.7: Interfaz gráfica - Modo manual/automático.



# Incidencias, conclusións e traballo futuro

---

## 5.1 Incidencias

Durante o desenvolvemento deste proxecto producíronse varias incidencias entre as que cabe destacar a seguintes:

- Problemas de precisión cos sensores: Nun principio empregaba un sensor de temperatura e humidade todo en un conectado mediante I2C [B]. As medicións deste sensor non era o suficientemente precisas para o cliente, o que obrigou a cambiar o sensor por dous sensores independentes de mais precisión, ambos de lectura analóxica.
- Problemas cos actuadores móbiles: Para saber en qué posición está en todo momento a ventilación e a malla de sombreado empregáronse medicións por tempo. Mediuse canto tempo tardaba en subir e baixar a ventilación completamente e mais en recoller e estender a malla de sombreado completamente. Esta forma de medir non é o suficientemente precisa e o cliente queixouse de que en algunha ocasión o sistema indica unha porcentaxe de apertura/extensión que non se asemella á real do actuador.
- Problemas ca tarxeta de memoria da RaspberryPi: Co paso dun certo tempo o cliente avisou de que o sistema fallaba e ó comprobalo decateime de que a tarxeta de memoria non admitía mais escrituras. Ó facer algún cambio en algún ficheiro do sistema e reiniciar, o cambio desaparecía. A solución foi comprar outra tarxeta de memoria e volcar unha copia de seguridade do sistema. A causa sospeito que poden ser as múltiples escrituras que se fan ó volcar o log da aplicación a un ficheiro, o que produce que a tarxeta de memoria esgote o máximo número de escrituras permitidas.
- Problemas de interferencias: Este problema foi o mais importante que se dou. O sistema



arrancaba con normalidade pero ó cabo dunhas actuacións deixaba de funcionar. A parte de control funcionaba pero algo pasaba nos Arduino que deixaban de responder. Despois de varios días investigando e facendo probas chegouse á conclusión de que a causa destes bloqueos nos Arduino era a interferencia eléctrica que os motores xeraban cando arrancaban. Esta interferencia introducíase nos pins do Arduino a través dos relés conectados a eles, dado que non estaban protexidos de ningunha maneira. En principio probouse a activar escalonadamente os motores para ver se con eso se solucionaba o problema pero non foi así. A solución definitiva foi mercar unha solución comercial baseada en Arduino con relés incorporados e protexida para empregar nun entorno de produción.

## 5.2 Conclusións

Trala finalización deste traballo puideron chegar ás seguintes conclusións:

- Dominio tratado: Respeto ó cultivo de sementes e ó seu mantemento puideron aprender o importante que é o clima para o crecemento e desenvolvemento das plantas. Tamén puideron darse conta de todo o traballo que é necesario para o coidado dos cultivos e o problema económico que pode causar se o sistema falla e a malla de sombreado non se estende a tempo en días de moito sol ou se a ventilación non abre en momentos de alta temperatura, etc.
- Producto software: Á hora de comezar co desenvolvemento dun sistema no que é necesario a implementación dun software puideron darse conta de que as partes de especificación de requisitos e análise son máis importantes do que pensaba. Nun principio escoitaba as peticións do cliente pero non as documentaba nin fixaba un tope. Isto foi un gran problema porque o cliente non paraba de engadir requisitos e modificar os existentes cada vez que falaba con el. Respeto á parte de análise, hei de recoñecer que nun principio non analizaba o suficiente o problema antes de poñerme mans á obra. Estou causou que tivera que modificar varias veces o código cando un requisito cambiaba ou se engadía algún novo.
- Mundo hardware: Puideron darse conta, en parte polas incidencias, de que o funcionamento dun hardware nun entorno de probas é bastante distinto ó funcionamento do mesmo nun entorno real. Fai falla ter máis coñecementos de electrónica do que pensaba e isto obrigoume a investigar e aprender máis sobre o mundo da electrónica e os problemas que pode dar se non se fai unha correcta instalación dos compoñentes.
- Satisfacción persoal: A pesar das incidencias e de todo o traballo que costou implementar o sistema, quedoume un bo sabor de boca ó ver funcionando o sistema en produción

e ver a aceptación do cliente.

### 5.3 Traballo futuro

Como traballo futuro hai varios aspectos que se poderían mellorar, como son os seguintes:

- **Arquitectura software:** O proxecto está implementado en dúas linguaxes de programación distintas, C++ para os controladores primarios e Python para o controlador principal. Con respecto a C++, é a linguaxe ca que se programan os Arduino e por tanto non tiña alternativas onde escoller. Con respecto a Python, escollín esta linguaxe de programación porque durante a carreira puideron aprender a empregala xunto con GTK como biblioteca gráfica e por iso me decantéi por ela. Hoxe en día houbera escollido Java, dado que é ca que máis experiencia teño hoxe en día dado que é a que emprego habitualmente no traballo. No que respecta á interfaz gráfica creo que sería moito máis accesible facer unha aplicación web empregando Java na parte servidora e Angular na parte cliente. Xunto con isto cambiaría a arquitectura empregando servizos web SOAP ou REST para a comunicación cos dispositivos, empregando unha RaspberryPi ou outras alternativas como controladores primarios. Teño pensando nun futuro cambiar todo o sistema a esta nova arquitectura e así cumprir con novas funcionalidades que o cliente solicita que se comentarán a continuación.
- **Seguridade:** Para acceder ó sistema actualmente só está aberto o servizo SSH con autenticación mediante claves pública/privada e só se permite a conexión a través dunha VPN empregando un servidor OpenVPN tanto en local como en remoto. As conexións que se fan habitualmente son para actualización do sistema de control, actualización do sistema operativo ou para revisar os log se ocorre algún problema. Considero que o sistema está medianamente ben protexido de accesos non autorizados, pero sempre hai cousas que mellorar. Dado que actualmente o sistema pode funcionar offline porque a aplicación é de escritorio e non se pode acceder remotamente a ela, as melloras en seguridade que considero son respecto á aplicación en sí e non respecto ó sistema operativo. Unha proposta de mellora que considero é a de implementar unha autenticación na aplicación para que só poidan manexala os técnicos axeitados e evitar que calquera traballador dos invernadoiros poida acceder e alterar a configuración e funcionamento do sistema climático. Podería simplemente empregarse o propio bloqueo de pantalla con usuario e contrasinal do sistema operativo (actualmente deshabilitado por comodidade) pero a mellor maneira sería implementar esa autenticación na propia aplicación de control climático.

- Novas funcionalidades: Unha vez se implantou o sistema, o cliente propuxo varias melloras, das cales algunhas foron implementadas e outras non.
  - As melloras xa implementadas son as seguintes:
    - \* Incluir un pluviómetro, un sensor de temperatura e un sensor de humidade na estación meteorolóxica para ter mais datos climáticos que visualizar e rexistrar pero sen ningunha intervención sobre os actuadores.
    - \* Incluir un sensor de choiva que permita bloquear a ventilación da mesma maneira que se fai cando a velocidade do vento supera certas consignas pero en función da cantidade de choiva que cae en determinado momento.
    - \* Incluir mais consignas, unhas para poder alterar algúns dos parámetros que o sistema tiña fixados nun principio e outras para engadir algunha actuación nova.
    - \* Incluir un novo funcionamento da ventilación cando se supere a consigna máxima de humidade, alternando subidas e baixadas da ventilación cada certo tempo.
    - \* Actuar individualmente sobre cada ventilación en vez de empregar o conxunto de ventilacións como un único actuador.
    - \* Implementar unha nova funcionalidade chamada “Eventos de pausa”, que consiste en engadir varios eventos nos que o usuario pode establecer un tempo de pausa e a posición ou activación de varios actuadores que permite, unha vez activado o evento nun dos invernadoiros, pausar o funcionamento do control climático nese invernadoiro e manter os actuadores nas posicións establecidas durante o tempo especificado. Esta nova funcionalidade foi pedida polo cliente para realizar certas labores no interior do invernadoiro como por exemplo fumigar os cultivos.
  - As melloras pedidas polo cliente pero que de momento non están implantadas son as seguintes:
    - \* Acceder ó sistema de forma remota con un PC ou un dispositivo móbil para poder ver o historial ou outras funcionalidades. Esta mellora é un dos motivos polos que sería boa idea cambiar a arquitectura software mencionada anteriormente.
    - \* Incluir o rego como funcionalidade do sistema de control climático. O cliente conta con sistemas de rego independentes que funcionan mediante un carro que se despraza ó longo do invernadoiro. Estes sistemas teñen un control propio e o cliente quere integralos neste sistema de control para ter todo mais unificado e mais cómodo de empregar.

- \* Implementar unha aplicación móbil para controlar de maneira manual os carros de rego. Esta funcionalidade depende da anterior mencionada e tamén é un dos motivos polos que implantar a nova arquitectura de software.
- \* Incluir outros invernadoiros cos que conta o cliente neste sistema de control climático. Estes invernadoiros encóntranse mais alonxados do sistema de control, o que implicaría mellorar ou cambiar o sistema de comunicación dos invernadoiros co controlador principal.



# **Apéndices**



## Apéndice A

# Manual de usuario

---

A continuación describiremos os pasos que debe seguir un usuario para manexar a aplicación a través dunhas capturas de pantalla da mesma.

### Lapela de estación meteorolóxica

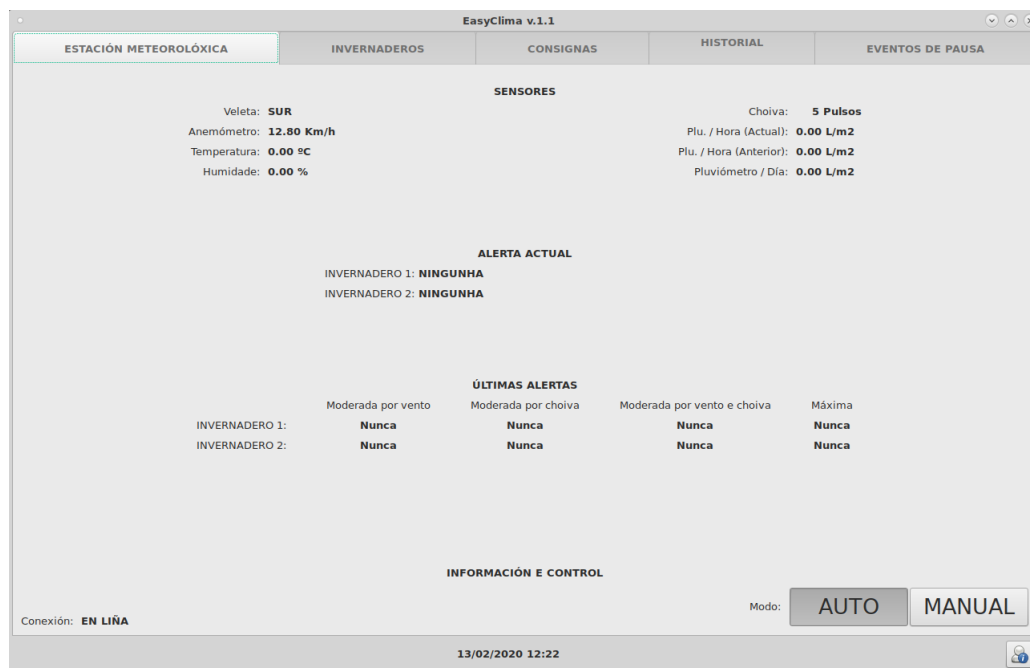


Figura A.1: Lapela de estación meteorolóxica.

- Podemos ver a velocidade do vento se nos fixamos na etiqueta “Anemómetro”.



## Lapela de invernadoiros

As indicacións nesta lapela fan referencia ó invernadoiro 2, no caso do invernadoiro 1 son exactamente as mesmas, a diferenza é que ten un número distinto de ventilacións de cada tipo (frontais, esquerdas, dereitas e cenitais).

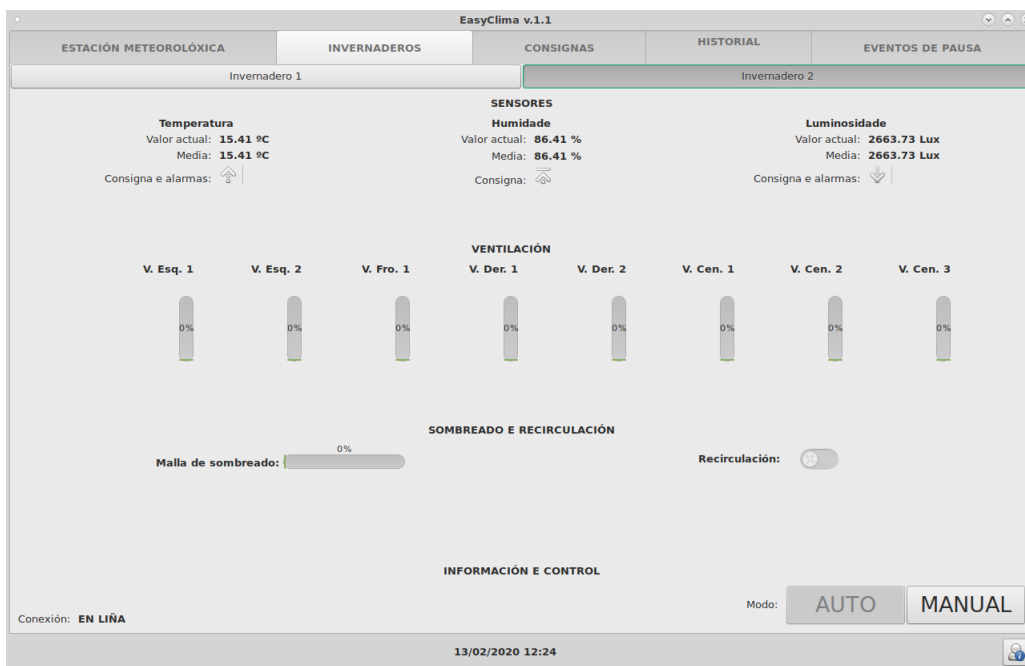


Figura A.2: Lapela de invernadoiros.

- Para escoller un dos invernadoiros a manexar hai que seleccionar o botón situado xusto debaixo das lapelas que fai referencia a ese invernadoiro.
- Podemos ver a temperatura actual dun invernadoiro se nos fixamos na etiqueta “Valor actual” da sección “Temperatura”.
- Podemos ver a humidade actual dun invernadoiro se nos fixamos na etiqueta “Valor actual” da sección “Humidade”.
- Podemos ver a luminosidade actual dun invernadoiro se nos fixamos na etiqueta “Valor actual” da sección “Luminosidade”.
- Podemos ver o estado actual das ventilacións se nos fixamos no texto das barras de progreso verticais da sección de VENTILACIÓN. Cando as ventilacións están en estado “PARADA”, o texto indica a porcentaxe actual de apertura, en calquera outro estado o texto indica ese estado (SUBINDO ou BAIXANDO).

- Podemos ver o estado actual da malla de sombreado se nos fixamos no texto da barra de progreso horizontal da sección de SOMBREADO E RECIRCULACIÓN. Cando a malla de sombreado está en estado “PARADA”, o texto indica a porcentaxe actual de extensión, en calquera outro estado o texto indica ese estado (EXTENDENDO ou RECOLLENDO).
- Podemos ver o estado actual da recirculación se nos fixamos no indicador referenciado pola etiqueta “Recirculación” da sección de SOMBREADO E RECIRCULACIÓN. Cando a recirculación está activada, o indicador está cara a dereita, cando está DESACTIVADA está cara a esquerda.
- Podemos cambiar de estado de funcionamento do invernadoiro a AUTOMÁTICO ou MANUAL se seleccionamos o botón AUTO ou MANUAL respectivamente da sección de INFORMACIÓN E CONTROL.

### Lapela de consignas

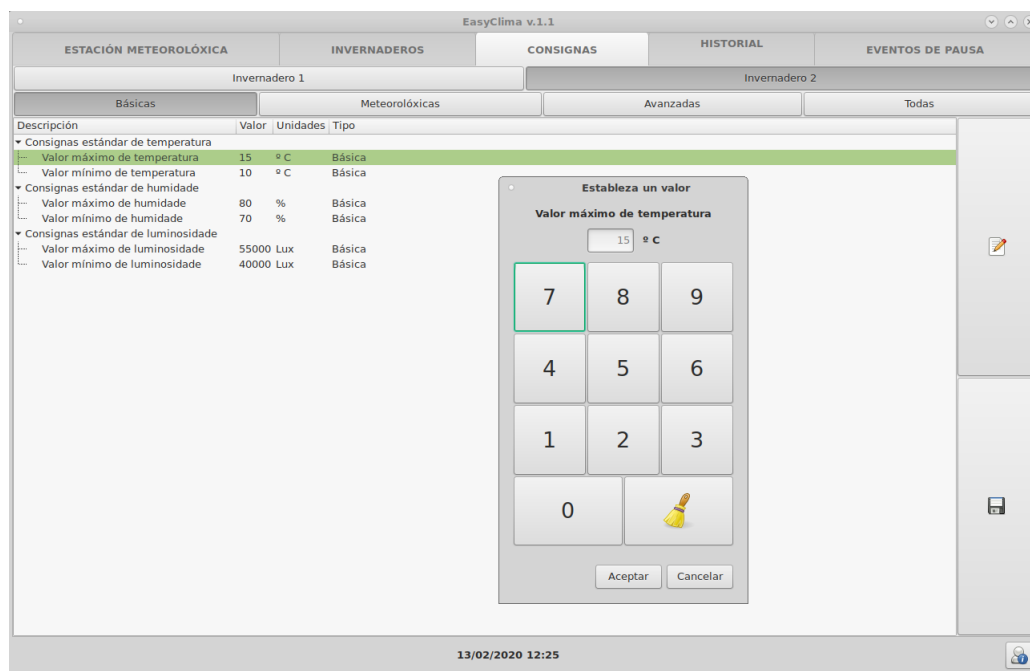


Figura A.3: Lapela de consignas.

- Podemos cambiar o valor dunha consigna de invernadoiro (temperatura, humidade, luminosidade o velocidade do vento), tanto o seu valor máximo como o seu valor mínimo. Para realizar este proceso é necesario seguir os seguintes pasos:
  - Paso 1: Seleccionar o invernadoiro correspondente nos botóns situados xusto debaixo das lapelas.

- Paso 2: Seleccionar o botón “Básicas” para as consignas de temperatura, humidade ou luminosidade ou “Meteorolóxicas” para as consignas de velocidade do vento.
- Paso 3: Seleccionar a consigna que se desexe establecer.
- Paso 4: Seleccionar o botón identificado pola icona do “lapis e papel” situado xusto á dereita da pantalla.
- Paso 5: Na pantalla que aparece, debe introducir un valor e premer o botón aceptar.
- Paso 6: En caso de querer gardar as consignas establecidas debe seleccionar o botón identificado pola icona do “disquette”.

## Lapela de historial

EasyClima v.1.1

ESTACIÓN METEOROLÓGICA

INVERNADEROS

CONSIGNAS

HISTORIAL

EVENTOS DE PAUSA

Data seleccionada: 01/01/2020

Hoxe

Escoller data ...

Exportar...

Ver estadísticas diarias...

E. Meteorológica			Invernadero 1			Invernadero 2		
Data e Hora	Temperatura Media (°C)	Temperatura Máx. (°C)	Temperatura Mín. (°C)	Humidade Media (%)	Humidade Máx. (%)	Humidade Mín. (%)	Luminosidade Media (Lux)	Luminosidade
01/01/20 18:18 7.79	8.09	7.54	76.92	77.15	76.66	0.00	0.00	
01/01/20 18:07 8.42	8.53	8.09	76.75	77.03	76.42	9.78	48.88	
01/01/20 17:56 8.73	9.19	8.53	76.92	77.39	75.93	207.72	415.44	
01/01/20 17:45 9.56	9.96	9.19	75.15	76.05	74.34	537.63	782.01	
01/01/20 17:34 10.45	11.06	9.85	72.62	73.97	71.41	855.33	1026.39	
01/01/20 17:23 11.72	12.16	11.17	69.54	70.67	68.72	1246.33	1515.15	
01/01/20 17:12 12.75	13.48	12.27	66.83	67.86	65.66	1783.97	2003.91	
01/01/20 17:01 14.21	15.02	13.48	64.27	65.30	63.22	2199.41	2370.48	
01/01/20 16:50 15.95	16.12	15.24	62.19	63.34	61.02	2688.17	2859.24	
01/01/20 16:39 15.98	16.23	15.57	59.71	61.02	57.48	3213.59	3470.19	
01/01/20 16:28 16.06	16.56	15.79	58.02	58.70	56.62	3641.25	3836.75	
01/01/20 16:17 16.11	16.56	15.79	57.23	56.72	55.52	4117.79	4325.51	
01/01/20 16:06 16.67	16.78	16.45	55.85	56.26	55.52	4594.33	4814.27	
01/01/20 15:55 17.13	17.55	16.78	54.75	55.77	53.93	5021.99	5303.03	
01/01/20 15:44 17.47	17.77	17.22	53.23	54.06	52.47	5303.03	5547.41	
01/01/20 15:33 18.02	18.32	17.77	50.94	52.10	48.68	5669.60	5913.98	
01/01/20 15:22 18.41	18.76	18.10	49.07	50.27	48.07	6231.67	6402.74	
01/01/20 15:11 18.90	19.53	18.54	46.08	47.95	45.14	6659.33	6769.31	
01/01/20 15:00 20.08	20.63	19.53	43.43	44.77	41.59	6964.81	7135.87	
01/01/20 14:49 21.44	22.28	20.41	40.63	41.84	39.15	7209.19	7380.25	
01/01/20 14:38 22.17	22.39	21.84	39.04	40.25	37.32	7465.79	7624.63	
01/01/20 14:27 22.83	23.27	22.39	36.63	37.81	35.36	7673.51	7869.01	
01/01/20 14:16 23.01	23.27	22.72	36.16	36.83	35.85	7930.11	7991.20	
01/01/20 14:05 23.07	23.38	22.61	36.03	36.71	34.38	7917.89	7991.20	
01/01/20 13:54 23.09	23.38	22.50	36.28	37.93	35.00	7807.92	8113.39	
01/01/20 13:43 22.98	23.60	22.61	37.29	38.17	36.34	7930.11	8113.39	
01/01/20 13:32 22.48	23.16	22.06	37.78	39.15	35.97	7673.51	7869.01	
01/01/20 13:21 22.09	22.39	21.84	38.40	39.76	37.32	7490.22	7624.63	
01/01/20 13:10 21.59	22.17	20.74	42.66	46.97	39.88	7612.41	7746.82	
01/01/20 12:59 21.08	22.94	20.30	44.29	47.34	40.62	7502.44	7624.63	
01/01/20 12:48 21.32	22.39	20.63	41.40	42.82	40.13	7355.82	7502.44	
01/01/20 12:37 21.87	22.50	21.40	42.88	43.18	42.33	6015.03	7013.68	

13/02/2020 12:28

Figura A.4: Lapela de historial.

- Podemos consultar o historial dun invernadoiro ou da estación meteorolóxica hai que seleccionar o botón situado xusto debaixo das lapelas que fai referencia a un dos invernadoiros ou á estación meteorolóxica respectivamente.
- Podemos consultar o historial dun día concreto seleccionando o botón “Escoller data...” e marcando a data desexada no calendario (ver figura A.5).
- Podemos consultar o historial do día actual seleccionando o botón “Hoxe” (é o historial que se amosa por defecto ó seleccionar a lapela).

- Podemos exportar o historial a un dispositivo de almacenamento USB seleccionando o botón “Exportar...”, escollendo o dispositivo no que queremos exportalo, seleccionando un modo de exportación e premendo o botón “Aceptar” (ver figura A.6).



Figura A.5: Lapela de historial - Escoller data.



Figura A.6: Lapela de historial - Exportar.

---

# Planificación temporal e custos

## Recursos

A continuación amósase unha táboa cos recursos que se empregaron para a realización deste proxecto.

▲	A	Analista				⋮
		Sist. de control de Clima e Mantemento para Invernadoiros	por hora ▾	40	Eliminar	
▲	P	Programador				⋮
		Sist. de control de Clima e Mantemento para Invernadoiros	por hora ▾	20	Eliminar	
▲	T	Técnico				⋮
		Sist. de control de Clima e Mantemento para Invernadoiros	por hora ▾	10	Eliminar	
▲	X	Xefe de proxecto				⋮
		Sist. de control de Clima e Mantemento para Invernadoiros	por hora ▾	50	Eliminar	

Figura B.1: Recursos e o seu custo por hora en euros.

## Tarefas

A continuación pode verse o desglose de tarefas deste proxecto xunto cos seus custos. O custo total do proxecto é de 19575 euros.

	Nombre de la tarea	Asignado	Fecha de inicio	Fecha final	Duración (Hora)	Costo
			2019/10/24	2020/02/13	640h	19.575
1	<input type="checkbox"/> Sist. de control de Clima e Mantemento para Invernadoiros		2019/10/24	2020/02/13	640h	19.575
1.1	<input type="checkbox"/> Fase 1: Análise e deseño		2019/10/24	2019/11/07	80h	4.500
1.1.1	Especificación de requisitos	X A	2019/10/24	2019/10/28	20h	900
1.1.2	Análise de casos de uso	X A	2019/10/28	2019/10/30	20h	900
1.1.3	Deseño da arquitectura	X A	2019/10/31	2019/11/04	20h	900
1.1.4	Deseño dos sistemas de control primarios	X A	2019/11/04	2019/11/06	20h	900
1.1.5	Deseño do sistema de control principal	X A	2019/11/04	2019/11/06	20h	900
1.1.6	Fin da fase 1	X Xefe de proxecto	2019/11/07	2019/11/07		0
1.2	<input type="checkbox"/> Fase 2: Implementación		2019/11/07	2019/12/30	300h	11.025
1.2.1	Consulta de sensores	X P	2019/11/07	2019/11/25	100h	2.625
1.2.2	Establecemento de consignas	X P	2019/11/07	2019/11/13	40h	1.050
1.2.3	Control climático	X P	2019/11/25	2019/12/30	200h	5.250
1.2.4	Rexistro do historial	X P	2019/11/25	2019/12/09	80h	2.100
1.2.5	Fin da fase 2	X Xefe de proxecto	2019/12/30	2019/12/30		0
1.3	<input type="checkbox"/> Fase 3: Probas		2019/12/30	2020/01/16	100h	3.000
1.3.1	Probas unitarias dos sistemas de control primarios	X P	2019/12/30	2020/01/01	20h	500
1.3.2	Probas unitarias do sistema de control principal	X P	2019/12/30	2020/01/06	40h	1.000
1.3.3	Probas de integración de ambos sistemas	X P	2020/01/06	2020/01/15	60h	1.500
1.3.4	Fin da fase 3	X Xefe de proxecto	2020/01/16	2020/01/16		0
1.4	<input type="checkbox"/> Fase 4: Implantación		2020/01/16	2020/01/17	10h	1.050
1.4.1	Instalación dos sensores dos invernadoiros	X T	2020/01/16	2020/01/17	10h	150
1.4.2	Instalación da estación meteorolóxica	X T	2020/01/16	2020/01/17	10h	150
1.4.3	Instalación dos sistemas de control primarios	X T	2020/01/16	2020/01/17	10h	150
1.4.4	Instalación do sistema de control principal	X T	2020/01/16	2020/01/17	10h	600
1.4.5	Entrega do produto ó cliente	X Xefe de proxecto	2020/01/17	2020/01/17		0
1.5	<input type="checkbox"/> Fase 5: Trabajo de fin de grao		2020/01/16	2020/02/13	160h	0
1.5.1	Redacción da memoria	L Luis Rodriguez Soutullo	2020/01/16	2020/02/12	160h	0
1.5.2	Entrega da memoria	L Luis Rodriguez Soutullo	2020/02/13	2020/02/13		0

Figura B.2: Desglose de tarefas e os seus custos en euros.

## Diagrama de Gantt

A continuación adxúntase un diagrama de Gantt onde aparece reflexada a planificación temporal deste proxecto.

## APÉNDICE B. PLANIFICACIÓN TEMPORAL E CUSTOS

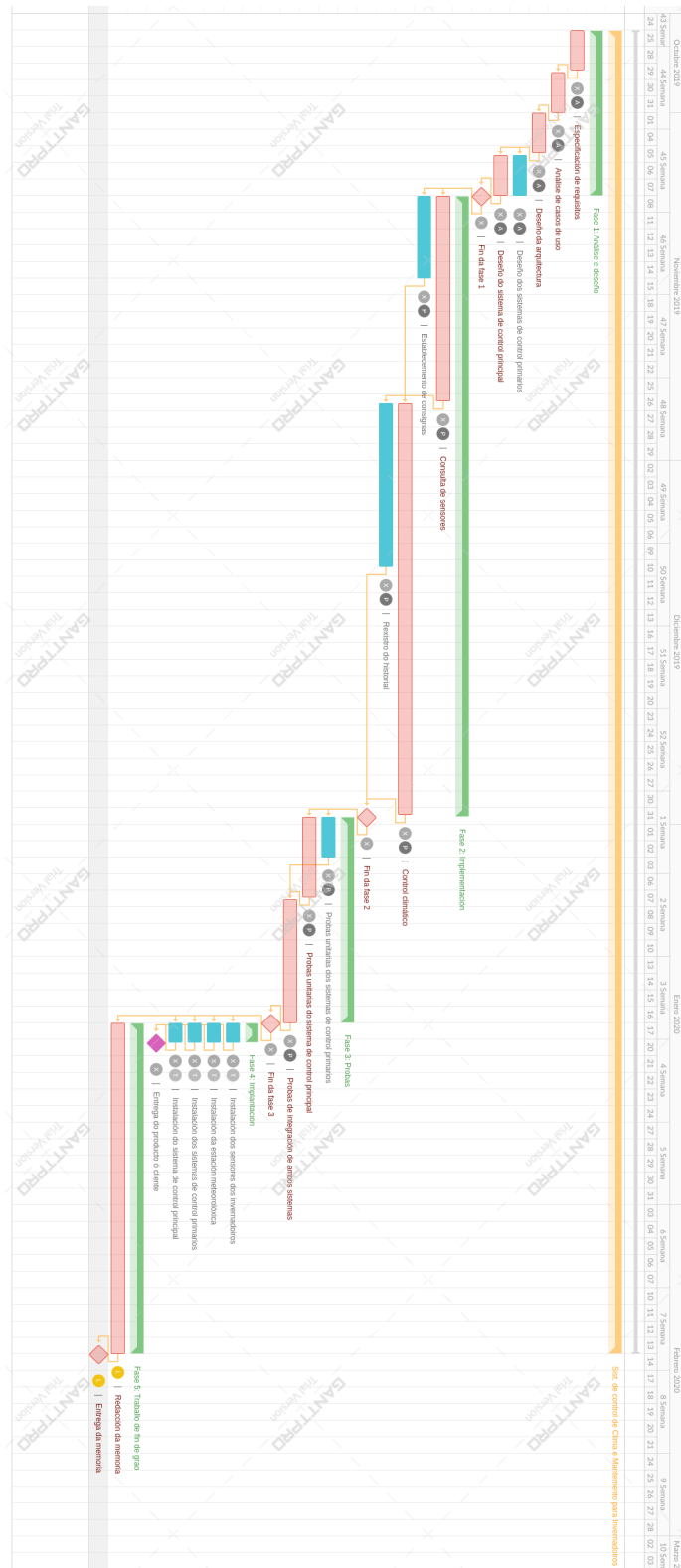


Figura B.3: Diagrama de Gantt.



---

# Relación de Acrónimos

---

**SBC** *Single-Board Computer* ou *Ordenador de Placa Reducida*: Ordenador completo construído nunha soa placa de circuito, con microprocesador (s), memoria, entrada / saída (E / S) e outras características requiridas dunha computadora funcional..

**MVC** *Model-View-Controller* ou *Modelo-Vista-Controlador*: Patrón de arquitectura de software, que separa os datos e a lóxica de negocio dunha aplicación da súa representación e o módulo encargado de xestionar os eventos e as comunicacións..

**I2C** *Inter-Integrated Circuit* ou *Circuito Inter-Integrado*: Bus serie de datos desenvolvido en 1982 por Philips Semiconductors (hoxe NXP Semiconductors, parte de Qualcomm).

---

# Glosario

---

**ZigBee** Nome da especificación dun conxunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para a súa utilización con radiodifusión dixital de baixo consumo, baseada no estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área persoal (wireless personal area network, WPAN).

**XBee** Marca dunha familia de módulos de radio compatibles con factor de forma de Digi International.

---

# Bibliografía

---

- [1] D. I. Inc., “Xctu user guide,” <https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/PDFs/90001458-13.pdf>.
- [2] J. C. S. JUMO GmbH & Co. KG, “Termoresistencia interiores/exteriores,” <http://www.jumo.es/produkte//pl90/902520/termoresistencia-interiores-exteriores-902520.html?parentId=301>.
- [3] DIGIFRED, “Mu\_es\_cp-84-t\_v4.pdf,” [https://osakasolutions.com/wp-content/uploads/2012/11/MU\\_ES\\_CP-84-T\\_v4.pdf](https://osakasolutions.com/wp-content/uploads/2012/11/MU_ES_CP-84-T_v4.pdf).
- [4] C. SAS, “Lesa,” <http://www.cometa-lumandar.com/fr/luxmetre-lesa/20-capteur-analogique-lesa-0-5000lux.html>.
- [5] D. Instruments, “6410\_spec\_sheet\_rev\_h\_web.fm,” [https://oceancontrols.com.au/files/datasheet/davis/ANM-004\\_6410\\_SS.pdf](https://oceancontrols.com.au/files/datasheet/davis/ANM-004_6410_SS.pdf).
- [6] A. Rapp, “andrewrapp/xbee-arduino,” Jan. 2020, original-date: 2015-02-17T03:56:48Z. [En línea]. Disponible en: <https://github.com/andrewrapp/xbee-arduino>

